

Die mathematisch-mechanische Betrachtung morphologischer Probleme der Biologie.

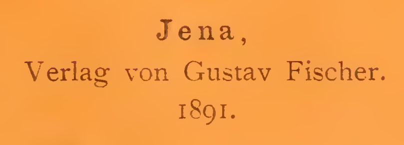
Eine kritische Studie

von

Hans Driesch,
Dr. phil.







Jena,
Verlag von Gustav Fischer.
1891.





Vorwort.

Ich habe diese Untersuchung nicht unternommen, um gerade etwas zu untersuchen, sondern sie hat sich mir aufgedrängt. Sie ist dem Bedürfnis entsprungen, über ganz prinzipielle Fragen der organischen Naturwissenschaft selbst Klarheit zu gewinnen; sie ist das Ergebnis eines Orientierungsversuches, der für mich selbst in Hinsicht auf künftige wissenschaftliche Arbeiten nötig wurde.

Ich veröffentliche sie in dem Gedanken, daß eine scharfe Prüfung der hier behandelten, bisher zu wenig zusammengefaßten, so zerstreuten und doch so überaus wichtigen Dinge vielleicht auch Anderen Interesse bieten mag.

Der Unvollkommenheit der philosophischen Teile, namentlich des Kapitel II, bin ich mir wohl bewußt; möge man sie einem Fremdling auf diesem Gebiete nicht zu hoch anrechnen. Uebrigens habe ich absichtlich diesen Teil der Arbeit auf das Notwendigste beschränkt. Freunde solcher Betrachtungen möchte ich auch an dieser Stelle ganz besonders auf die im Litteraturverzeichnis angeführten Kapitel in Liebmann's »Analysis der Wirklichkeit« hinweisen.

Der Schluß ist für das ungeheure darin angedeutete Material vielleicht zu kurz; ich glaubte trotzdem, den dort

festgehaltenen Gedankengang nicht vereinfachen zu sollen, da er uns gerade so, wie er ist, mit Notwendigkeit wieder auf »mathematisch-mechanische Betrachtungsweise« zurückführt. Für die Berechtigung der dort vertretenen Anschauung glaube ich in allen Punkten einstehen zu können.

Die Arbeit ist trotz der Kapiteleinteilung ein Ganzes, die Ueberschriften sollen nur das Wesentliche des jeweiligen Inhalts andeuten, ohne ihn scharf zu umgrenzen.

Zürich, am 17. Januar 1891.

Hans Driesch.



Inhalt.



Die vorliegende Untersuchung stellt sich die Aufgabe, die in der morphologischen Litteratur niedergelegten Bestrebungen, welche sich den Namen »mechanisch« geben, kritisch zu vergleichen und ihren Erklärungswert zu bestimmen.

Bevor wir das hierzu Notwendigste, nämlich eine Analyse des Begriffs »mechanisch«, zu geben versuchen, wird es von Vorteil sein, uns über das zu verständigen, was wir unter »Morphologie« verstehen wollen.

Es ist klar, daß die organischen Körper, sofern überhaupt auf ihre gestaltliche Natur Rücksicht genommen wird, eigentlich als Ganzes, d. h. in jedem ihrer Vorgänge, der sich als Gestaltung äußert, das Objekt der »Morphologie« bilden, also auch die Struktur der einzelnen Zelle, die Phänomene der Kernteilung u. s. w. ihr zugehören. Wir wollen aber die Thatsachen dieser mit der Physiologie in enger Beziehung stehenden Cytologie und Histologie willkürlich von unserer Betrachtung ausschließen, oder wenigstens nur so weit in Betracht ziehen, als es zum Verständnis unserer Morphologie im engeren Sinne, welche, die Zelle als gegeben setzend, die verschiedenen Arten der Zelltektonik und aller an sie geknüpften Erscheinungen zum Objekte hat, unbedingt notwendig ist.

Die verschiedenen »mechanischen« Bestrebungen, welche die aus Zellen gebildeten organischen Körper hinsichtlich dieses ihres charakteristischen Wesens zum Angriffspunkt haben, sind also unser Untersuchungsobjekt.

Wenden wir uns nun gleich dem Begriff »mechanisch« zu.

I. Vorläufige Uebersicht über den Gebrauch des Wortes „mechanisch".

Das Wort »mechanisch« ist ein Lieblingsausdruck der heutigen Morphologie. Die Gestaltung eines ausgebildeten Organismus ist die »mechanische« Folge des Keimwachsens nach His; die Phylogenie ist die »mechanische« Begründung der Ontogenie nach Haeckel.

Was haben aber diese beiden Dinge, die Phylogenie und das Keimwachstum, Gemeinsames, als daß sie eben beide als Ursachen eines anderen Vorganges aufgefaßt werden?

Eine momentane Kraft, ein Stoß, wird als mechanische Ursache einer gleichförmigen Bewegung in derjenigen Wissenschaft angesehen, die sich von dem Begriff, von welchem wir hier reden, den Namen giebt; an das, was sie über den Begriff sagt, an das, womit sie sich selbst definiert, werden wir uns wohl am besten halten.

Fragen wir also hier um Auskunft: die in der Natur vorkommenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben, ist die Aufgabe der Mechanik nach einem Ausspruche Kirchhoff's. — Wenn es andrerseits das Bestreben der physikalischen Disziplinen ist, ihre Objekte als »mechanische« Vorgänge darzustellen, so heißt das also: die Physik bestrebt sich, die Prinzipien oder Ergebnisse der Mechanik (Dynamik) auf dieselben anzuwenden, oder anders gesagt: sie als Bewegungsvorgänge nachzuweisen und diese auf die einfachste Art — nämlich durch mathematische Formulierung — darzustellen. Die kinetische Gastheorie mag als Beispiel einer ausgeprägt mechanischen Disziplin der Physik gelten.

Was haben nun die Phylogenie, das Wachstum des Keimes und die mittlere Geschwindigkeit der Moleküle, die in der Gastheorie eine Rolle spielt, als »mechanische« Erklärungsprinzipien Gemeinsames, oder vielmehr, welches von beiden erstgenannten kann überhaupt »mechanisch« genannt werden?

Es ist wohl nicht nötig, Vergleiche und Erörterungen

weiter auszuspinnen; es liegt nach dem Vorhergehenden zu klar auf der Hand, daß das »Mechanisch« der Darwinisten lediglich als Gegensatz zu metaphysischen Erklärungsprinzipien, zu Eingriffen einer schöpferischen Gewalt u. s. w. gemeint, aber durchaus kein streng formulierter Begriff ist. Nur das prinzipiell »Nichtmechanische« soll eliminiert werden, wenn wir einen Ausdruck Bär's gebrauchen wollen. Angesichts der Bedeutung dieses Bestrebens können wir einige Unklarheiten des Ausdrucks schon mit in Kauf nehmen.

Haeckel meint also, die Phylogenie erkläre die Ontogenie, insofern beide überhaupt naturgesetzlich zusammenhängen. Daß sich auch hierüber streiten läßt, insofern nämlich der Begriff des »Erklärens« nicht genügend präzisiert ist, worauf u. a. schon Nägeli, Bütschli, Bär u. a. hingewiesen haben, geht uns zunächst nichts an. Das Gesagte berechtigt uns aber, den Begriff des »Mechanischen« in der landläufigen unbestimmten Fassung der Darwinisten im Folgenden nicht weiter zu berücksichtigen.

Ich bin hier über den genannten Begriff gleich etwas ausführlicher gewesen, obwohl uns dieses Kapitel nur eine vorläufige Orientierung bieten soll, damit er uns in jener unbestimmten Fassung nachher nicht mehr störe. Betrachten wir nunmehr kurz die verschiedenen Anlässe, in denen Forscher in bestimmterer Weise von mechanischer Auffassung morphologischer Vorgänge geredet haben.

His hat uns schon oben dazu gedient, eine Seite mechanischer Betrachtung beispielsweise hervorzuheben. Welcher Art ist nun das mechanische Prinzip, welches er für die Erklärung der organischen Formbildung verwertet? Mathematisch durchgeführte Darlegung spezieller Organisationsgesetze treffen wir nicht bei ihm an. Daß er die Formwandlung einer ungleich sich vergrößernden elastischen Platte in mathematischer Sprache darstellen ließ, sollte nur als Beispiel zeigen, daß dieses eine Prinzip eine große Mannigfaltigkeit von Formen bedingen kann und exakter Fassung überhaupt fähig ist.

Wir finden dagegen bei ihm das Bestreben, »das Wachstum jedes Teiles des Keims als Funktion von Ort

und Zeit darzustellen«, das Bestreben, empirisch die komplizierten Formbildungsvorgänge in eine Folge von solchen Vorgängen aufzulösen, die einer exakten Behandlung fähig werden könnten. His giebt in Mechanik aufgelöste Erklärung nur zum kleinsten Teil, nämlich hinsichtlich der Wirkungen gegenseitigen Druckes sich entwickelnder Teile; er will das Fundament einer solchen schaffen, ausgehend von dem Gesichtspunkt, daß vor allem anderen mathematisch formulierbare Grunderscheinungen aus allen Vorgängen zu eruieren sind, diese letzteren umgekehrt in solche aufzulösen. Nachdem durch mathematische Formulierung das Vorliegende überhaupt erst auf eine wissenschaftliche Form im Sinne Kant's gebracht wurde, kann an mechanische Erklärung gedacht werden.

Wenn auch nicht unter so besonderer Betonung der Notwendigkeit mathematischer Formulierung, sind ähnliche Gesichtspunkte geltend gemacht worden in den allgemeinen Erörterungen über Entwickelungsmechanik von Roux. Das Ziel seiner Wissenschaft ist die Ermittelung der Bewegung jedes Teilchens vom Ei bis zum ausgewachsenen Tier. — Vorläufig mögen diese wenigen Worte über Roux genügen; auch auf die in Goette's »Unke« niedergelegten Ansichten, die einen ähnlichen Gesichtspunkt mit gleichzeitig versuchter konkreter Durchführung desselben darbieten, kann in dieser Orientierung nicht eingegangen werden.

Wenden wir uns nun spezielleren Bestrebungen zu. Meyer, Wolff, Schwendener, Roux und wohl noch andere haben uns mit morphologischen Erscheinungen bekannt gemacht, welche mit den Erzeugnissen eines Ingenieurs oder Mechanikers große Aehnlichkeit darbieten. Es sind mechanische Zweckmäßigkeiten; mit einem gegebenen Quantum von Material wird ein Maximum mechanischer Wirkung erzielt. Diese Gruppe von Forschungsergebnissen ist so wohl gekennzeichnet, daß man mir hier ein näheres Eingehen auf ihren Charakter erlassen und mich ohne dieses zu ihrer Zusammenfassung ermächtigen wird.

Dasselbe gilt von der folgenden Gruppe mechanischer

Auffassungsweisen: Sachs, Rauber und vorzüglich Berthold haben bekanntlich die Richtung der Wände in Zellkomplexen einem allgemeinen Gesichtspunkt unterstellt. Während dieser bei den erstgenannten wesentlich ein mathematischer ist, sofern sie die Mannigfaltigkeit der Zellnetzbilder als geometrische Folge eines Prinzips darzustellen sich bemühen, wird er bei Berthold zum mechanischen. Berthold zeigt, daß ein großer Teil morphologischen Geschehens sich innerhalb eines Rahmens abspielt, der aus der Mechanik der Flüssigkeiten bekannt, mithin nicht »spezifisch biologisch« ist. — Es schließt sich dieser Gruppe an die Arbeit Schwendener's über »die Verschiebung kleinster Teilchen in trajektorischen Kurven«, in ihr ist eine geometrische Notwendigkeit abgehandelt, gewissermaßen eine Aufgabe aus der analytischen Mechanik gelöst.

Endlich möge uns noch die von Schwendener in seiner Blattstellungs-Arbeit geltend gemachte Auffassung hier kurz beschäftigen. Seine Prinzipien berühren sich in einigen Punkten mit den letztgenannten: insofern die lebenden Körper eben zugleich physikalische Körper sind, unterliegen sie den allgemein-mechanischen Gesetzen, hier Druckwirkungen. Als mathematisch-formeller Gesichtspunkt kommt die spezielle Darlegung der Entstehungsweise der einzelnen Spiralen zum allgemein gültigen mechanischen Prinzip hinzu. — Was Roux »mechanische Massenkorrelation« genannt hat, schließt sich dem mechanischen Prinzip Schwendener's eng an; den Nachweis dieser Behauptung behalten wir uns fürs erste vor.

Ueber die »Mechanik der Gelenke« will ich mich in dieser Uebersicht nicht äußern, da, abgesehen von seiner geringen prinzipiellen Bedeutung, dieses Gebiet der scharfen Analyse einige Schwierigkeiten bereitet, die besser erst nach Voraussendung einiger theoretischer Erwägungen gehoben werden. Mit der Erwähnung von Haeckel's Promorphologie beschließen wir diese vorläufige Uebersicht.

Soll ich die in Kürze aufgestellten Kategorien »exakter« Betrachtungsweise, die wir hier absichtlich unsystematisch, wie sie sich uns gerade darboten, zusammenstellten, noch-

mals nennen, so wird dies am besten durch Aufzählung derjenigen Arbeiten geschehen, welche als Paradigmata für jede gelten können. Es wären dieses:

1) His: Unsere Körperform;
2) Goette: Entwickelungsgeschichte der Unke;
3) Roux: Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung, I (Delphinflosse);
4) Berthold: Protoplasmamechanik;
5) Schwendener: Theorie der Blattstellungen;
6) Haeckel: Generelle Morphologie, I, Buch 4.

Wie sich zeigen wird, betrifft diese Klassifizierung nur je einen Teil des Inhalts der Arbeiten; His giebt auch Belege zu 5) und Roux in anderen Arbeiten solche zu 5) und 1), Schwendener endlich anderen Orts Beispiele zu 3). — Dies, um Mißverständnisse zu verhüten.

Nach so gewonnenem Ueberblick über unseren Stoff könnte ich nun daran gehen, die aufgestellten Gruppen im einzelnen durchzugehen und auf ihren begrifflichen Wert zu prüfen. Dem Leser wird es jedoch nicht entgangen sein, daß schon unsere flüchtige Orientierung von einer gewissen Unklarheit nicht ganz frei war: wir waren, ohne genügende Erläuterung dafür zu geben, genötigt, die erörterten exakten Betrachtungsweisen bald als mechanisch, bald als mathematisch zu bezeichnen; instinktiv fühlten wir hier zwei verschiedene Begriffe sich durchdringen und leider auch sich vermengen. Hier Klarheit zu schaffen, muß unsere Aufgabe sein, bevor wir einzelne Diskussionen durchzuführen imstande sind.

II. Ueber den Unterschied zwischen mathematischer und mechanischer Betrachtungsweise und ihr gegenseitiges Verhältnis.

A.

Mit Widerstreben nur begebe ich mich auf ein Gebiet, welches der kritische Philosoph mit Recht sein eigen nennt, mir wohl bewußt, einen wie aphoristischen Charakter das Folgende naturgemäß tragen wird. Wie wir

aber sahen, ist die folgende Erörterung zur Klärung unserer Aufgabe unvermeidlich. Erkenntnistheoretische Auslassungen will ich nach Möglichkeit zu vermeiden suchen; wer tiefere Einsicht in diese wichtigen Fragen wünscht, wird sie unter anderem in O. Liebmann's vortrefflicher »Analysis der Wirklichkeit« und zwar vorwiegend in dem Abschnitt: »Ueber den philosophischen Wert der mathematischen Naturwissenschaft« finden.

Wir gehen aus von Kant's Lehre vom Raum als reiner Anschauungsform. Unser erster Schluß ist sehr einfach: wir können die »Außenwelt« nicht anders als räumlich anschauen, die als Wissenschaft ausgebildete Kunde des reinen Anschauens ist die Geometrie, also muß auch die als Wissenschaft ausgebildete Kunde der »angeschauten Außenwelt« geometrisch sein. Oder anders: wo immer wir einen Erscheinungskomplex der räumlich angeschauten »Außenwelt« wissenschaftlich formulieren, analysieren, kommt eine geometrische Aufgabe heraus.

Analoges ergiebt sich aus folgendem: der Größenbegriff ist reine Denkform, die Größenlehre ist die mathematische Analysis im weitesten Sinne, jedes wissenschaftlich formulierte Denkproblem über die »Außenwelt«, also überhaupt jedes wissenschaftlich formulierte, d. h. endgültig analysierte Problem, das sie darbietet, ist ein Problem der mathematischen Analysis.

Raumgrößen sind Größen; die Geometrie fällt mit der Analysis zusammen unter den Gattungsbegriff Mathematik. Also: wegen der Art unseres Erkenntnisvermögens muß jedes Problem, das die Außenwelt uns stellt, sobald es wissenschaftlich formuliert, d. h. endgültig analysiert werden soll, zu einem mathematischen Problem führen; sobald im speziellen räumlich Angeschautes als solches zu wissenschaftlicher Verarbeitung gelangt, resultiert ein geometrisches Problem.

Sofern die Morphologie Wissenschaft von Formen ist, gilt hier der eben deshalb besonders hervorgehobene Spezialfall; wir kommen darauf später noch zurück.

Ein Formenproblem ist also erst dann wissenschaftlich formuliert, wenn es geometrisch formuliert ist, d. h. in räumliche Gesetzmäßigkeit aufgelöst.

Diese auf eine geometrische Aufgabe hinauslaufende Formulierung haben wir oben provisorisch als mathematische Betrachtungsweise bezeichnet. Es ist ohne weiteres klar, daß Formulierung und Lösung eines Problems zwei verschiedene Dinge sind. Ein mathematisch formuliertes Problem ist dadurch noch nicht gelöst, aber es ist dadurch zur Lösung vorbereitet, und umgekehrt an eine Lösung kann ohne diese Formulierung nicht gedacht werden.

Bevor ich mich nun zur Betrachtung des Begriffes der Lösung und damit zum Begriff des Mechanischen wende, konstatiere ich eine Uebereinstimmung des obigen Resultates mit Erörterungen Liebmann's: »Erst durch mathematisch eindeutige Fassung werden die Naturgesetze für die exakte Wissenschaft brauchbar« lesen wir in dem citierten Kapitel. Auerbach ferner hat in Winkelmann's „Handbuch der Physik" die mathematische Formulierung, die mathematische Behandlung und die Deutung und Verwertung der mathematischen Ergebnisse, als die drei Aufgaben bezeichnet, in die jedes physikalische Problem zerfällt. Riemann [1]) gar will die Existenz einer »wissenschaftlichen« Physik erst seit Erfindung der Differentialrechnung zugeben.

In unserer Untersuchung fortschreitend, beschränken wir uns im Folgenden auf die geometrische Betrachtung. Um es nochmals zu betonen: sie ist keine Lösung. Durch geometrische Analyse einer Erscheinung überschauen wir wohl sie selbst, wir bemerken auch, daß etwas Gesetzmäßiges vorliegt, wir überschauen aber noch nicht ihr Verhältnis zum gesetzlichen Naturganzen; ich will sagen: wir wissen über ihr Wesen nichts, wobei unter »Wesen« eben das Gesagte verstanden sein soll. Aus unserem Gedankengang ergiebt sich nebenbei aufs unzweideutigste der Kant'sche Satz, daß wir, vermöge der Art unserer Erkenntnis, nicht Gesetze der Natur auffinden, sondern sie ihr vorschreiben. Wir müssen geometrisch formulieren, wenn wir streng formulieren wollen.

---

1) Partielle Differentialgleichungen. Braunschweig 1882.

— Daß aus eben dieser Subjektivität Schwierigkeiten für unsere speziellen Intentionen sich ergeben, werden wir an späterer Stelle erörtern.

Wie gelangen wir nun zur Kenntnis des Wesens naturwissenschaftlicher Erscheinungen, wie l ö s e n wir sie.

Die Wissenschaft κατ᾽ ἐξοχήν, die Physik, ist imstande gewesen, gewisse Fundamentalsätze des Naturgeschehens aufzustellen, auf die sich eine große Zahl aller Geschehnisse bereits hat zurückführen, und umgekehrt aus denen sie sich hat ableiten lassen, während diese Sätze selbst elementar sind. Sie entsprechen in gewisser Hinsicht den geometrischen Axiomen [1]). — Naturgemäß haben sie ein mathematisches Gewand.

Man bezeichnet bekanntlich die Summe dieser Grundsätze nebst dem unmittelbar aus ihnen Deduzierbaren mit dem Worte »M e c h a n i k«. Man nennt ein wissenschaftliches Problem gelöst, wenn es, nachdem mathematische Analyse vorhergegangen, bei gewissen Voraussetzungen auf mechanische Sätze zurückgeführt, als Folge von ihnen dargestellt ist. Es ist dann m e c h a n i s c h e r k l ä r t [2]). Für die Eigenschaften der Gase z. B. leistet dies die kinetische Gastheorie, die wir schon oben erwähnten.

Wir wären damit bei dem zweiten der Begriffe, welche hier das Objekt der Untersuchung bilden, angelangt, und wollen vor allem anderen nochmals als Definition wiederholen: e i n P r o b l e m i s t m e c h a n i s c h e r k l ä r t, w e n n e s, m a t h e m a t i s c h f o r m u l i e r t, a u f d i e S ä t z e d e r M e c h a n i k z u r ü c k g e f ü h r t i s t, s i c h a l s F o l g e d e r s e l b e n d a r s t e l l e n l ä ß t. Einige Erweiterungen mögen erst später sich anschließen.

In der Gestalt, wie uns der Begriff des »M e c h a n i s c h e n« als mechanische Erklärung irgend welchen Naturgeschehens jetzt vorliegt, können wir ihn jedoch für unseren Zweck noch nicht verwerten aus dem einfachen

---

1) Ueber ihre erkenntnistheoretische Bedeutung soll damit gar nichts gesagt sein.

2) Aehnliches sagt E. d u B o i s - R e y m o n d in seiner bekannten Rede über die »Grenzen der Naturerkenntnis,« wenn er das »Naturerkennen« als »Auflösen der Naturvorgänge in — mathematisch darstellbare — Mechanik der Atome« definiert.

Grunde, weil in diesem erschöpfenden Sinne noch niemand morphologische Probleme »mechanisch betrachtet« hat. Das Leben als Ganzes mechanisch zu erklären hat begreiflicherweise fast keiner versucht, geschweige durchgeführt.

Wohl aber hat es nicht an Forschern gefehlt, die gewisse Seiten des morphologischen Geschehens mechanischen Gesichtspunkten unterstellt haben. Wie definieren wir kurz die hier geübte Betrachtungsweise? Wir wollen eine längere Diskussion der unschwer zu fassenden Begriffe unterlassen und in Zukunft unter mechanischer Betrachtungsweise im engeren Sinne verstehen: den Nachweis, daß irgend eine Erscheinungsgruppe innerhalb eines Problems nichts ihm spezifisch eigentümliches ist, vielmehr bei gewissen Voraussetzungen als Ausdruck physikalisch bekannter Ursachen sich darstellt. Das heißt weniger abstrakt ausgedrückt und etwas für unseren Zweck spezialisiert: wenn am Substrat eines im übrigen mechanisch völlig unerklärten Processes sich Erscheinungen zeigen, die etwa aus der Hydrostatik bekannt sind, und der Annahme, hydrostatische Kräfte zuzulassen, nichts im Wege steht, so sind die genannten Erscheinungen mit Erfolg mechanisch betrachtet, das Problem aber nicht gelöst, sondern nur vereinfacht.

Diese mechanische Betrachtungsweise zeigt also gewisse Seiten eines Problems als bereits gelöst auf, als diesem Problem nicht spezifisch eigentümlich, wie ich oben sagte; es ist wohl nicht überflüssig, hier nochmals zu betonen, daß der soeben definierten mechanischen Betrachtungsweise die mathematisch formulierte Analyse vorhergehen muß.

Um nun alles noch einmal zu rekapitulieren und gleichzeitig die beiden Abschnitte unserer letzten Betrachtungen auf einen ähnlichen Ausdruck zu bringen, wollen wir sagen:

Die mathematische Betrachtung zeigt uns den mathematischen — (geometrischen) — Rahmen dar, innerhalb dessen ein Naturgeschehen verläuft, während die mechanische Betrach-

tung uns nach einer oder mehreren Seiten hin mechanische Rahmen kennen lehrt, innerhalb deren es sich abspielt. Mechanisches Erklären dagegen ist völliges Zurückführen auf Mechanik, mathematisches Erklären giebt es nicht.

Ich werde mich im Folgenden auf diese Definitionen ohne Weiteres beziehen.

B.

Wir haben im vorhergehenden Abschnitt zugleich mit unseren Definitionen die Einsicht gewonnen, daß alles wissenschaftliche Naturerkennen in zwei Etappen vor sich geht: zuerst ordnen wir die als Problem gestellte Erscheinung ausschließlich auf Grund der Elemente unserer Erkenntniskraft, sodann wird dieselbe dem in der »Außenwelt« als elementar Geltenden zugeordnet: mathematische Formulierung — mechanische Erklärung. [1])

Die erste Etappe dieses Erkenntnisprozesses bringt ein subjektives Element in das Ganze hinein und birgt somit bezüglich des zu erreichenden Resultates eine Gefahr. Hierüber müssen wir noch in Kürze allgemein reden.

Wir können, wie oben erläutert, alles geometrisch anschauen, wir können sogar wissenschaftlich nur geometrisch anschauen. Jede räumliche Eigenschaft einer Erscheinung kann also geometrisch betrachtet, analysiert, formuliert werden. Diese Arbeit kann aber doch für wahre Naturerkenntnis im definierten Sinne völlig — wertlos sein. Sie kann schädlich sein, sofern sie den Anschein einer besonderen Einsicht fälschlich erweckt. Hören wir hierüber zunächst Lotze, auf dessen vorzügliche Erörterungen über die »Mechanik der Gestaltbildung« nachdrücklich hingewiesen zu haben, ich für ein nicht zu unterschätzendes Verdienst Rauber's halte. Wir lesen auf Seite 325 der „Allgemeinen Physiologie“ Folgendes: „Leider lösen ihre (sc. der Bestrebungen, Pro-

1) Vergleiche den Begriff der Oekonomie des Denkens als Definition der Wissenschaft bei Mach.

bleme der Rechnung zu unterwerfen) scheinbar mathematischen und scheinbar neuen Resultate sich . . . . zu oft in Sätze auf, deren Unbestimmtheit sie kaum für mehr gelten läßt, als für unbehilfliche Formelausdrücke noch gar nicht hinlänglich überschauter Thatsachen. Es ist nicht schwer, dergleichen zu beginnen, denn die Hilfsmittel, den geringfügigsten Beobachtungen einen mathematischen Ausdruck zu geben, sind weder schwer zu finden, noch selten; aber viel notwendiger ist es, in der Natur der Sache, die man untersucht, den Möglichkeiten nachzuforschen, welche sie einer bestimmten Anwendung der Mathematik gestattet, und die physischen Zusammenhänge zuerst in ihrer Lage, Richtung und Bedeutung zu studieren, um zu wissen, welche Konstruktionen . . . der Mathematik an jedem Orte passend und durch das Wesen des Gegenstandes gefordert sind.« Ferner Seite 330: »In der reinen Mathematik führt es zu demselben Ziele, ob man ein System rechtwinkliger oder schiefwinkliger oder polarer Coordinaten zur Messung anwendet . . . etc. . . .; wo aber die Mathematik auf Reales angewandt wird, und man von ihr nicht bloß rein mathematische Ergebnisse sondern Aufklärung über die Natur dieses Realen verlangt, ist die Wahl jener Berechnungsmittel nicht mehr frei.« Er führt weiter aus, wie zwecklos z. B. die Ermittlung einer Gleichung für die Erdoberfläche mit Berücksichtigung aller Gebirge etc. sei, und dgl. mehr.

Gehen wir auf diese Warnung etwas näher zunächst an der Hand eines Beispiels ein: Ein Tauber kommt in ein Konzert, wo man eine Symphonie spielt. Er möge von Physik nichts wissen, jedoch sich klar darüber sein, daß das, was hier vor sich geht, auf seine Mitmenschen eine gewisse Wirkung ausübt, ferner mag er mathematisch talentvoll sein. Worin mag diese Wirkung begründet sein, fragt er sich; da bemerkt er, wie die Violinspieler bald den ganzen, bald nur einen Teil des Bogens abstreichen, er findet hierin ferner einen gewissen zeitlichen Rhythmus; ja es gelingt ihm, eine einfache Beziehung aufzufinden zwischen dem Sitze der Musiker und der Bogenlänge, die ein jeder abstreicht. — Die abgestrichene Bo-

genlänge ist also Funktion des Raumes und der Zeit; eine Gleichung ist fertig.

Wer vermöchte gegen die begriffliche Folgerichtigkeit des Gesagten etwas einzuwenden und wem andererseits entginge der Unsinn nicht, der darin dargestellt ist? Das ist aber auch eine »mathematische Betrachtung«. Weshalb sehen wir in ihr keine Vorbereitung mechanischer Erkenntnis? Weil wir besser wissen, was das physikalische Wesen des Tones ausmacht.

Darin liegt nun meines Erachtens gerade die große Schwierigkeit des Urteils über den Wert einer mathematischen Betrachtung: daß man das Betrachtete erst wenigstens annähernd überschauen muß, daß man kennen muß, was wesentlich, was unwesentlich daran ist, nicht streng zwar, aber doch beschreibend.

Es ist also falsch, mathematische Betrachtung zu verdammen, weil sie oft zu nichts führt, wie es falsch ist, sie zu rühmen, bloß ihrer strengen Form wegen. Ihr Wert ist in jedem Falle besonders abzuschätzen.

Möglich, daß bei einer abstrakten Betrachtung sich Resultate ergeben würden, die uns erlaubten, diese Wertbeurteilung zu generalisieren. Wir würden dadurch aber gar zu tief in das dornige Gebiet erkenntnistheoretischer Begriffsbildung geführt, als daß ich auf diese Dinge eingehen könnte und wollte. Wir stellen keine erkenntnistheoretische und logische, sondern — mag es auch bis jetzt noch kaum so scheinen — eine kritisch-biologische Untersuchung an.

Ehe ich dieses Kapitel schließe, seien mir im Anschluß an das unmittelbar Vorhergehende noch einige speziellere Worte gestattet: Die Spiralen verschiedener Ordnung, wie sie hinsichtlich der Blattstellung bei ein und derselben Spezies auftreten, sind eine gute Illustration für das Subjektive mathematischer Betrachtung, für die Mannigfaltigkeit des Ausgangspunktes derselben. Andererseits hat aber gerade auf diesem Gebiete die Erkenntnis den von uns dargelegten Gang genommen: Schwendener bot für die mathematisch formulierten

Verhältnisse der Blattstellung die mechanische Erklärung dar. Wir kommen ja hierauf noch zurück, es soll jetzt nur durch dieses Beispiel gezeigt werden, wie mannigfach man dieselbe Sache geometrisch auffassen und formulieren kann, worüber Näheres in dem historischen Abschnitt bei de Candolle nachzulesen ist.

Auch die geometrische Auffassung von Furchungsstadien dürfte ein ganz verschiedenes Bild darbieten, je nachdem die Zellreihen der Meridiane oder die der Breitenkreise zum Ausgang der Betrachtung gewählt sind.

Leicht ließe sich die Zahl der Beispiele aus allen Gebieten, in denen die Form eine Rolle spielt — (wir haben die für Mathematik allgemein gültigen Sätze ja zu unserem Zwecke auf Geometrie spezialisiert) — vermehren.

Durch die Erläuterung und Gegenüberstellung mathematischer und mechanischer Betrachtungsweise, sowie durch das besondere Hervorheben der Subjektivität der ersteren, welches sich daran anschloß, haben wir zwar zum größten Teil den Weg für unsere späteren Betrachtungen geebnet. Gleichwohl scheint es mir, daß wir mit noch besserer Vorbereitung an unsere Aufgabe herantreten könnten, nachdem wir uns Rechenschaft gegeben haben einerseits über den Formbegriff in der Physik und sein Verhältnis zur übrigen Physik, andererseits über die Beziehung dieses Formbegriffs zur Morphologie.

Daraus wird zugleich einiges über die Beziehungen der Morphologie zur übrigen Biologie (Biochemie und Biophysik = Physiologie im gewöhnlichen Sinne), sowie über dasjenige der gesamten Biologie zur Summe der exakten Forschung, also der Physik im weitesten Sinne hervorgehen.

Auch hier werden wir uns möglichster Kürze in der Darstellung befleißigen; sollen doch alle diese Darlegungen nur unserem speziellen Zwecke dienen.

III. Morphologisches in der Physik.

Daß wir räumlich anschauen, ferner Räumliches bei wissenschaftlicher Analyse geometrisch formulieren müssen, ist oben weitläufig auseinandergesetzt.

Es soll in diesem Kapitel zunächst die Frage aufgeworfen werden, in welchen Teilen der physikalischen Wissenschaft als wesentliches Prinzip die Form auftritt, also abgesehen z. B. von der geometrischen Mechanik, in welcher das Formale auf Rechnung des Standpunktes, und durch eine Aenderung desselben (z. B. durch Einführung der analytischen Methode) in Wegfall kommt. Zunächst dürfte klar sein, daß wir uns vor allem in der Statik im weitesten Sinne nach dem Gesuchten umsehen müssen, und zwar wollen wir uns auf sie beschränken. Da uns ferner lediglich das direkt geometrisch Angeschaute beschäftigen soll, können wir Elektrostatik (Aequipotentialflächen etc. etc.) u. s. w. außer Acht lassen, und es würden uns somit nur die Gebiete der Statik starrer und flüssiger Körper zur Diskussion übrig bleiben.

Die Gleichgewichtsbedingungen starrer Körper (also nochmals betont: der physikalischen Körper, soweit sie starr sind, nicht der physikalischen Körper als Objekte der allgemeinen Mechanik) finden ihren Ausdruck in der Krystallographie; diejenigen flüssigen Körper finden ihn in der Lehre von der Oberflächenspannung. Diese beiden Gebiete physikalischer Forschung sind es, die man vielleicht mit Recht als anorganische Morphologie bezeichnen könnte.

Was die Krystalle anlangt, so führt ihre theoretisch-physikalische Analyse trotz ihrer hohen Vollendung eigentlich über eine geometrische Formulierung nicht weit hinaus; wenn auch gezeigt wurde, daß sie als Gesamtheit der Ausdruck der möglichen regelmäßigen Punktsysteme sein mögen, so ist doch die Erkenntnis der Notwendigkeit irgend eines dieser Systeme für einen bestimmten Stoff nach dem Begründer genannter Theorie, Sohncke, zur Zeit

ein »Problem höherer Ordnung«; hinsichtlich der Gesetze der Oberflächenspannung und der durch sie bedingten Gestalten (Plateau) hat man bezüglich der Zurückführung ihrer Ursächlichkeit auf allgemeine Mechanik wohl einen genügenden Einblick erlangt. Auf die grundsätzliche logische Verschiedenheit beider Probleme, die schon darin ihren Ausdruck findet, daß die Krystallisation eigentlich ein Elementarproblem ist, im Gegensatz zu den durch Oberflächenspannung erzeugten Formen, einzugehen, ist hier nicht der Ort. Uns interessieren sie hier nur wegen ihres Gemeinsamen: der Form.

Wir halten uns also für berechtigt, gerade diese beiden Zweige der Physik als spezifisch morphologische zu bezeichnen.

Man hat die Biologie in Morphologie und Physiologie gegliedert, und in ersterer wieder die Lehre vom Stoffwechsel (Biochemie) derjenigen vom Kraftwechsel (Biophysik) gegenübergestellt. Um auf gleichen Ausdruck zu kommen, können wir ja provisorisch die Biomorphologie als Lehre von aufeinanderfolgenden formal angeschauten Gleichgewichtszuständen (sich in der Ontogenie abspielend) ansehen und somit als Lehre vom Formwechsel bezeichnen.

Auf anorganischer Seite haben wir also die Physik, Chemie und Morphologie, letztere sich an erstere eng anschließend und nur auf Grund des subjektiven Momentes unserer Erkenntnisart von ihr getrennt, während die Chemie hinsichtlich ihrer Beziehung zur Physik wohl auch ein »Problem höherer Ordnung« darbietet. Ueber allem thront die »theoretische Mechanik«, deren Ergebnisse jede der drei, aber die Physik mit weitaus größtem Erfolg, zu entlehnen sich bestrebt.

Wenn Erklären in unserer Definition hieß: »nach mathematischer Formulierung auf ein mechanisches Problem zurückführen«, so würde somit auf organischer Seite die erklärende Stoffwechsellehre sich zunächst bemühen müssen, ihre Probleme auf chemische, die Kraftwechsellehre, die ihrigen auf physikalische Erscheinungen zurückzuleiten.

Und schließen wir folgerichtig weiter, so muß es das

Streben der Formwechsellehre sein, in der anorganischen Morphologie, die wir oben definierten, Anknüpfungspunkte zur Erklärung ihrer Probleme aufzufinden.

Ob diese Anknüpfung nach krystallographischer Seite hin liegen, was hier aber nur heißen soll, daß die morphologischen Probleme etwa im selben Sinne »Probleme höherer Ordnung« sind, wie die genannten, oder ob sie Analogien mit der Lehre von der Flüssigkeitsstatik ergeben wird, oder vielleicht beides, das geht uns in diesem begrifflichen Abschnitt zunächst nichts an.

Um kurz zu rekapitulieren, so war es in diesem Kapitel unser Bestreben, darzuthun, wo in der Physik der Begriff des Morphologischen eine Rolle spielt, um dadurch eine Kenntnis der Beziehungen zu gewinnen, in welchen dieser Begriff sowohl zum übrigen Ganzen der Physik als auch zur Biomorphologie steht. — Wir sahen, daß die eine Seite physikalischer Morphologie der direkte Ausdruck bekannten physikalischen Geschehens war, bezüglich der anderen Seite stand die Forschung vor einem »Problem höherer Ordnung«, ähnlich dem, das jede spezifische Eigenschaft eines Stoffes (als Funktion seiner Qualität) darbietet. — Wir warfen endlich die Frage auf, ob das Problem der Biomorphologie Anklänge nach dieser oder nach jener, oder nach beiden Seiten physikalischer Gestaltenlehre darbieten möchte.

IV. Spezielle Betrachtung der wichtigsten Gebiete der mathematisch-mechanischen Morphologie.

Wir dürften nun für eine eingehendere Darlegung der Gebiete, auf denen in der Morphologie exakte Betrachtungsweise Platz griff, hinreichend vorbereitet sein. Beginnen wir diese näheren Darlegungen mit den einfachsten der uns interessierenden Verhältnisse.

A. Die Promorphologie.

Haeckel hat bekanntlich im ersten Bande seiner generellen Morphologie den Versuch gemacht, die Formen aller Lebewesen, und zwar nicht nur ihre äußere Körper-

form, sondern den ganzen Ausdruck ihrer Organisation, nach stereometrischen Gesichtspunkten, nach Symmetrieprinzipien zu ordnen, oder vielmehr, dieselben stereometrischen Gebilden zuzuordnen. Waren ihm hierin auch bereits andere vorangegangen, so gab doch er zuerst ein ausgebildetes, durchgearbeitetes System.

Die Haeckel'sche Promorphologie ist ein ausgezeichnetes Beispiel für unsere mathematische Art der Betrachtung, wie auch gleichzeitig für ihre Konsequenzen. Haeckel bringt diejenigen Eigenschaften der organischen Körper in ein System, welche sie eben, weil wir sie als Körper anschauen, oder anders ausgedrückt, wegen der Art unseres Anschauungsvermögens, in dem einen oder anderen Sinne haben müssen; er giebt also eine geometrische Analyse; seine Thesen sind daher — Einzelheiten sind uns hier gleichgültig — unzweifelhaft richtig.

Eine andere Frage ist freilich die, ob Haeckel's mathematische Formulierung die Vorbereitung einer mechanischen Betrachtungsweise ist. Wie wir von Lotze gehört haben, ist hierfür der Ausgangspunkt der mathematischen Betrachtung allein von Wichtigkeit; dieser ergiebt sich durch induktive, zunächst rein beschreibende Forschung; sie findet das Wesentliche einer Erscheinung.

Da nun die lebenden Körper die Eigenschaften, welche den Stoff der Promorphologie bilden, mit jedem Angeschauten teilen, da sie Bedingungen der Anschauung sind, da ferner die Thatsachen der Morphologie uns lehren, welch' unendliche Mannigfaltigkeit sich bei Pflanzen und Tieren in diesem notwendigen äußeren Rahmen abspielt (im Gegensatz zu den Krystallen), so folgt ohne weiteres, daß Haeckel's Promorphologie, obwohl, wie gesagt, unanfechtbar richtig, für mechanische Erkenntnis, da sie das Wesen der organischen Formen nicht trifft, unbrauchbar ist. Sie fällt hierin zusammen mit jenen älteren, wenn auch weit tiefer stehenden Bestrebungen, Gleichungen für die Körperoberflächen der Tiere aufzustellen, welchen nach Lotze kein höherer Wert zukommen kann, als ihn eine mühsam ermittelte Gleichung für irgend einen Zustand der Erdoberfläche besitzen würde.

Mathematische Formulierung allein macht eben noch nicht den erklärenden Wert einer Betrachtung aus.

Wir können nach dem Gesagten die Promorphologie verlassen.

B. Die Gelenkmechanik.

Es möge zunächst die Besprechung der sogenannten »Gelenkmechanik« folgen, da sie den rein formalen Charakter des Gesichtspunktes in gewissem Grade mit der Promorphologie teilt. Wir können auch hier sehr kurz sein, zumal dieses Gebiet nicht der reinen Morphologie, unserem eigentlichen Objekte, angehört und ferner zwei Seiten desselben, nämlich erstens die mechanisch-zweckmäßige Verteilung der Muskeln und Bänder und zweitens die Möglichkeiten der Bildungsweise der Gelenkflächen, später von uns kurz gewürdigt werden sollen.

Die Aufgabe, aus gegebener Gestalt der Gelenkflächen und der Art und Weise ihrer Verknüpfung den Bewegungsbereich beider Skelettstücke zu bestimmen — und diese Aufgabe allein bleibt nach Abzug der genannten noch übrig — ist nun durchaus mathematischer Natur. Letzterer ist mit ersteren Faktoren zugleich schon gegeben; beide sind eigentlich ein verschiedener Ausdruck für dieselbe Sache.

Die geometrische Darlegung der Gelenkflächenverhältnisse und diejenige des Streichungsbereiches der in ihnen sich berührenden Skeletteile sind also identisch hinsichtlich ihres begrifflichen Wertes, die eine, wie gesagt, eine bloße Umrechnung der anderen. Beide sind m a t h e m a t i s c h e F o r m u l i e r u n g e n, zielen aber nicht auf eine mechanische Erklärung in unserem Sinne ab — was sollte auch auf diesem Wege erklärt werden? — können dagegen, wie angedeutet, als Ganzes betrachtet, der Kategorie der mechanischen Anpassungen zugeordnet werden, über die wir erst weiter unten reden werden.

Auch die Gelenkmechanik, die der Vollständigkeit halber hier nicht fehlen durfte, wäre sonach erledigt, und wir können uns jetzt solchen Bestrebungen zuwenden, durch die eine, wenn auch beschränkte, mechanische Erkenntnis morphologischer Verhältnisse bereits erreicht ist.

C. Die Zellnetze.

Es liegt in der Natur der Sache begründet, daß wir die nun folgenden Erörterungen nicht in der Form eines systematischen Gebäudes vorführen können. Wenn wir auch den Wert der wahrhaft mechanischen Bestrebungen in der Morphologie, die uns nun beschäftigen sollen, keineswegs verkennen, so müssen wir uns doch nicht darüber hinwegtäuschen, daß es Bruchstücke sind, die uns vorliegen; Bruchstücke vielleicht, die noch gar nicht einmal das eigentlich Wesentliche der lebendigen Formen berühren.

Sachs, Schwendener, Rauber, Errera und Berthold mögen uns nun zunächst beschäftigen.

Sachs hat bekanntlich als »Prinzip« für den Aufbau pflanzlicher Zellgebilde die rechtwinklige Schneidung der Zellwände aufgestellt. Indem jede Zellwand sich rechtwinklig an die benachbarten ansetzt und ebenso zur Oberfläche des Organs gestellt ist, resultieren nun durch die Gestalt letzterer bedingte Kurvensysteme (auf dem Schnitt), und zwar ist man imstande, aus diesem Prinzip bei gegebener Oberfläche eines Organs vorherzusagen, wie seine Zellwände, wofern sie überhaupt vorhanden sind, oder wenigstens soweit sie vorhanden sind, verlaufen müssen. — Es ist das Verdienst Rauber's, auf tierische Formen, und zwar auf frühe Stadien der Ontogenie, dieses Prinzip übertragen zu haben.

Prüfen wir nach kurzer Skizzierung der Sachs'schen Ausführungen ihren erklärenden Wert. Sachs' Prinzip sagt ungefähr Folgendes: Wenn wir annehmen, rechtwinklige Schneidung der Zellwände sei eine Notwendigkeit, so wären alle beobachteten Zellnetze, die vorher jedes für sich ein Problem darstellten, nach einer Richtung hin wenigstens auf **ein** Problem zurückgeführt. Hierin ist gleichzeitig gesagt, welche zwei Aufgaben das Sachs'sche Prinzip zunächst stellt: Warum ist die rechtwinklige Schneidung notwendig? und ferner: Warum sind in Gebilden gleicher Oberfläche doch die thatsächlich

vorhandenen Zellwände das eine Mal diese, das andere Mal jene?

Die erste Frage behandeln Schwendener und Berthold, beide von verschiedenen Gesichtspunkten aus. Wir müssen, um ein richtiges Verständnis dieser Bestrebungen zu gewinnen, uns dessen erinnern, was im allgemeinen über mathematische und mechanische Betrachtungsweise gesagt wurde. Es geht daraus ohne weiteres hervor, daß das »Prinzip« von Sachs unter den Begriff »mathematische Formulierung« fällt, und die Frage ist nun die, ob diese Formulierung wirklich als Vorbereitung einer mechanischen Erklärung anzusehen ist oder wenigstens die mechanische Betrachtung gewisser Erscheinungen gestattet.

Bekanntlich bietet das Sachs'sche Prinzip, von Druckergebnissen, die uns später beschäftigen sollen, abgesehen, so zahlreiche Abweichungen dar, vor allem die Erscheinungen bei simultanem Zellenzerfall (Pollenmutterzellen etc.), ferner das Auftreten des »Zwischenstücks« an Orten, wo vier Zellwände in einer Kante zusammenstoßen sollten[1]), die Umlagerungen beim sogenannten »gleitenden Wachstum« (Krabbe) u. s. w., daß unzweifelhaft keine »gesetzliche« Erscheinung, vielmehr nur eine »Regel« in der rechtwinkligen Schneidung vorliegt.

Das Verdienst, die Regel und die Ausnahmen unter denselben Gesichtspunkt gebracht zu haben, indem sie das Prinzip der kleinsten Flächen als die Bildung der Zellnetze leitend nachwiesen, gebührt Berthold und Errera. Indem diese Forscher aber ferner die Ergebnisse der Plateau'schen Forschungen an Flüssigkeitslamellen, deren Anordnung in den sogenannten Schaumgeweben von demselben Gestaltungsgesetze beherrscht wird, zum Vergleiche heranzogen, sind sie von bloßer Formulierung zur Anbahnung mechanischen Verständnisses fortgeschritten. Halten wir uns im Folgenden nur an Berthold.

1) Häufig bei pflanzlichen Objekten, vgl. Berthold. In der Ontogenie vieler Tiere, z. B. Rana (Rauber), Sagitta (O. Hertwig), Planorbis (Rabl) etc. etc.

Sachs' rechtwinklige Schneidung ist ein Spezialfall des Prinzips der Flächen minimae areae;[1]) sie wird »nur dann verlangt, wenn sich die auftretenden Lamellen festen Wänden ansetzen müssen, wie das allgemein bei der Zweiteilung pflanzlicher Zellen der Fall ist«. Wie Umlagerungen in Schaumgeweben vor sich gehen, ist jedem geläufig. Endlich hat Lamarle die Notwendigkeit des Zusammenstoßens von stets 3 Lamellen in einer Kante abgeleitet, womit der simultane mehrzellige Zerfall und damit einige der wichtigeren Ausnahmen des Prinzips von Sachs erledigt sind.

Auf eine ausführliche Darlegung der Anwendungen unseres Prinzips, die dieser durchweg abstrakten Betrachtung ferner liegt, kann ich um so mehr verzichten, als sich bei Berthold alle Seiten derselben eingehend dargestellt finden. Die neueren Untersuchungen Bütschli's über die Strukturen des Protoplasmas sind den Leistungen Berthold's natürlich gleichwertig. Näher auf sie einzugehen, verbietet uns die willkürlich gewählte enge Umgrenzung unseres Themas.

Ich möchte nochmals hervorheben, daß, wie schon gesagt, Berthold doch nicht viel mehr als die Anbahnung mechanischer Erklärung gegeben hat; er selbst ist sich darüber vollkommen klar, daß »der Einfluß unseres Prinzips auf die Ausgestaltung des Zellnetzes aus mancherlei Gründen wesentlich eingeschränkt« wird. Hier ist meines Erachtens die Entstehungsweise der pflanzlichen Zellwände — im Gegensatz zu den tierischen — in erster Linie zu nennen, die doch wohl in keiner Weise mit Oberflächenspannung in Beziehung steht; ferner die auch von Berthold hervorgehobene große Festigkeit einigermaßen alter Zellwände, die den Begriff der dünnen

---

1) Die Bedeutung dieses Prinzips dürfte bekannt sein; die Lamellen eines betrachteten Systems ordnen und krümmen sich so, daß die Summe der Oberflächen aller unter den gegebenen Umständen ein Minimum wird. — Soll z. B. von einem gegebenen Parallelepiped ein Stück vorgeschriebenen Inhalts abgegrenzt werden, so wird eben die abgrenzende Fläche ein Minimum.

Lamelle illusorisch macht und damit die dem Prinzip nach im Verlauf weiterer Zellbildung (d. h. im Verlauf des Hinzukommens weiterer Blasen) nötigen Verschiebungen nicht ermöglicht, sodann die von Berthold erwähnten thatsächlichen Abweichungen ohne ersichtlichen Grund, und endlich die Thatsache, daß wir in den tierischen und zumal in den pflanzlichen Zellnetzen doch überhaupt gar kein System flüssiger Lamellen vor uns haben, das direkt mit Seifenblasen verglichen werden kann.

In letzterer Thatsache liegt vorwiegend der Grund dafür, daß ich Berthold's Theorie nicht als endgültige mechanische Partialerklärung, als wirklichen Nachweis eines mechanischen Rahmens, innerhalb dessen sich aller morphologische Aufbau vollzieht, ansprechen kann. — Zimmermann macht darauf aufmerksam, daß »ja auch die Turgorkräfte ... im allgemeinen bestrebt sein werden, die Membranen auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren«. Somit könnten die Flächen minimae areae der geometrische Ausdruck zweier verschiedener mechanischer Agentien, im einen Falle der Oberflächenspannung, im zweiten einfachen Druckes sein; woraus denn weiter folgt, daß auch Berthold's Theorie so sehr weit sich über bloße geometrische Formulierung nicht erhebt, wenn auch insofern, als sie gewisse mechanische Auffassungen als möglich erscheinen läßt.

Uns vorbehaltend, auf Berthold's Gesichtspunkte alsbald zurückzukommen, schieben wir zunächst die Prüfung der Schwendener'schen Ausführungen ein, um damit die Frage der Zellwandschneidung zu erledigen.

Sachs zeigte, daß an einem Gebilde, welches beispielsweise im Anfang durch drei Systeme ebener, zu einander senkrechter Flächen gefächert war, im Verlaufe ungleich verteilten Wachstums die Rechtwinkligkeit des Schneidens erhalten bleibt, wenngleich die ebenen Flächen, oder vielmehr auf dem Schnitt die geraden Linien, in Systeme orthogonaler Trajektorien übergingen, deren Form der definitive Umriß des Organs bestimmt (vgl. die Abbildungen S. 78 und 79 seiner Abhandlung über die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzenteilen); auch

später gebildete Zellwände sollen dann, damit die Rechtwinkligkeit gewahrt bleibe, die Form der betreffenden Anti- oder Periklinen annehmen. Den ersten Teil dieser These nun unternimmt Schwendener als notwendig nachzuweisen, als folgend aus der analytischen Untersuchung des ungleich verteilten radialen Wachstums im allgemeinen. Indem im Verlaufe dieses jeder Raumteil trajektorische Kurven beschreibt, ist die Verschiebung der Zellwände in solchen nur ein besonderer Fall. Für das Weitere zwar, daß nach dem Wachstum gebildete Zellwände dasselbe Lageprinzip befolgen, hat er keinen Grund.

Die Schwendener'sche Leistung ist der Lösung einer Aufgabe aus der analytischen Mechanik zu vergleichen. Die Trajektorien sind der geometrische Ausdruck des Wachsens, letzteres involviert erstere; ein ähnliches Verhältnis, wie wir es bei der Gelenkmechanik erörterten, folglich eine begrifflich wesentlich anderswertige Leistung als diejenige Berthold's. Schwendener hat eine mathematische Formulierung für das Wachstum im allgemeinen gegeben; die Zellwandfrage wird durch seine Ausführungen nur insofern berührt, als eben diese Wände auch wachsende Raumteile sind. Daß die Zellwände ursprünglich rechtwinklig zu einander stehen, sowie auch, daß die nach dem Wachsen gebildeten sich so ordnen, ist für die Schwendener'sche Auffassung gleichgültig; nur daß, wenn ersteres einmal der Fall, die trajektorischen Kurven eine notwendige Folge, nichts neu Hinzukommendes sind, zeigt seine Auseinandersetzung.

Hatte ich der Einfachheit wegen, wie es auch zugleich den historischen Verhältnissen entsprach, die Erörterung über Schwendener unter Voraussetzung der Gültigkeit des Prinzips von Sachs geführt, so wende ich mich nunmehr wieder Betrachtungen über die Berthold'schen Forschungen zu.

Wir sahen, daß Berthold nicht nur eine mathematische Formulierung der Zellwandfrage gegeben hat, sondern daß seine Ausführungen zugleich den Hinweis auf bestimmte mechanische Agentien enthalten, die zur Erklärung dieses Problems herangezogen werden könnten.

Es ist wohl nicht überflüssig, schon an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß im günstigsten Falle hierdurch nur die Frage der Zellverbindungsart als allgemeine Erscheinung zur Lösung gebracht werden würde, keineswegs jedoch gleichzeitig diejenige nach der Herkunft der speziellen beobachteten Fälle von Zelltektonik: warum sich das Ei von Planorbis anders furcht, als dasjenige von Amphioxus, mit diesem Problem hat Berthold's Theorie überhaupt nichts zu thun; hierfür giebt sie nicht einmal eine mathematische Formulierung und kann sie ihrem Wesen nach nicht geben. Es schien mir passend, das schon an diesem Orte ganz besonders zu betonen, obschon es uns am Schlusse des Ganzen nochmals beschäftigen wird, da häufig den exakten Bestrebungen der Morphologen (besonders His, was uns erst später angeht) der Vorwurf gemacht wird, ihre Thesen seien als »Erklärung« nicht ausreichend und darum falsch, wobei man eben zu übersehen pflegt, daß diese Forschungen nur ein wirkendes mechanisches Prinzip aufzeigen oder gar nur eine mathematische Formulierung geben wollen; sie schaffen durch dieses Zusammenfassen anscheinend differenter Probleme in eines zum mindesten Vereinfachung. Speziell Berthold zeigt also, in welchem mechanischen Gewande die Bildungsgesetze der Formen, mögen diese zunächst sein, welche sie wollen, sich wahrscheinlich Realität verschaffen. »Die Gleichung der Parabel bedingt doch noch nicht ihre Existenz«, um mit Lotze und Rauber zu reden; der Zeichner, ja der Bleistift muß dazukommen.

His wird uns später zu einer zweiten speziellen Ausführung dieses Gedankenganges Veranlassung geben, der, wie gesagt, am Schlusse allgemein erörtert werden soll. Der höchst unsichere Begriff des »Erklärens« scheint mir an vielen Mißverständnissen in diesen Sachen Schuld zu sein. Ueber diesen Begriff dem schon im Kapitel II Gesagten etwas hinzuzufügen, wird später unsere Aufgabe sein.

Das Zellennetz stellt eine gegebene Formerscheinung dar, gleichsam einen Gleichgewichtszustand. Das Wesen der lebenden Form ist aber das Werden, der Pro-

zeß, gleichsam eine Folge von Gleichgewichtszuständen, wie namentlich Goette so oft in trefflichster Weise darthat. Dies mag es rechtfertigen, daß wir an die Erörterung der exakten Erklärungsversuche der fertigen Zellverbände die Darlegung derjenigen Bestrebungen anschließen, welche das Werden derselben als Objekt mechanischer Betrachtung behandeln. Wir haben es hier, da wir von den Versuchen Bütschli's etc. wenigstens im speziellen wohl absehen können, vorwiegend mit Goette zu thun und wollen nun gleich versuchen, ein Gesamtbild seines »Formgesetzes« zu geben, welches, mag es im einzelnen mit seiner Richtigkeit stehen, wie es wolle, jedenfalls der durchgebildetste Versuch einer mechanischen Auffassung lebender Formen ist. Diese etwas allgemeinere Erörterung wird uns gleichzeitig den Schlußabschnitt unserer speziellen Betrachtungen (His etc.) wesentlich vereinfachen und erleichtern.

D. Goette's Formgesetz.

Zumal Spitzer das im Original (Unke) an ganz verschiedenen Stellen und daher nicht sehr abgerundet auseinandergesetzte »Formgesetz« des Straßburger Forschers in knapperer Darstellung wiedergegeben hat, kann ich mich vorwiegend auf die Erörterung seines Wertes beschränken und will seinen Inhalt nur kurz, womöglich mit Goette's eigenen Worten darstellen.

Zunächst aber muß ich einiges Speziellere vorausschicken: Die Zerklüftung des »toten« Eies soll nach Goette durch den Einfluß von Diffusionsströmen, die zwischen der umgebenden Flüssigkeit und den gelösten Eiweißsubstanzen des Dotters stattfinden und durch den exzentrischen Aufbau des Eies symmetrisch geregelt werden, bewirkt sein. Die Einkerbung ist das Zeichen einer durch eben diese Ströme bedingten Modifikation in der Verteilung der Oberflächenspannung (vgl. in diesem Punkt Bütschli).

Bleiben wir hier zunächst einen Moment stehen. Ueber das »tote« Ei wollen wir nicht reden; nur zwei Punkte seien betont: einmal waren zur Verfassungszeit der »Unke«

die komplizierten Erscheinungen der Karyokinese noch unbekannt, und zweitens: wie steht es mit den Diffusionsströmen bei Eiern, die sich an der Luft entwickeln? Dieser Hinweis genüge, einige Schwierigkeiten zu beleuchten; eine Kritik thatsächlicher Behauptungen ist unsere Sache hier nicht. — Hervorheben möchte ich dagegen den Berührungspunkt, den das Entstehen mehrzelliger Gebilde, wofern Oberflächenspannungskräfte dabei wirken mit den fertigen Zellnetzen, die vielleicht durch ebensolche Kräfte (Berthold—Plateau) im Gleichgewichtszustand erhalten werden, darbietet. Die Gleichgewichtsfiguren wären, die Richtigkeit der Goetteschen Ansicht vorausgesetzt, der geometrische Ausdruck des durch geregelte Diffusionen Bewirkten. Diese logische Beziehung müssen wir betonen, mag auch obige Richtigkeit zweifelhaft sein.

Nun weiter: der ganze Verlauf der Furchung führt sich ebenfalls auf Diffusionsströme in geregelter Weise zurück, er steht immer noch in, wenn auch weiterer, Abhängigkeit von dem anfänglichen exzentrischen Aufbau des Eies. Diese Abhängigkeit jedes Stadiums von allen vorhergehenden, damit, wenigstens in gewissem Grade, vom Ganzen, zieht sich nun durch den ganzen Prozeß der Ontogenese, die nach beendeter Furchung ja ein Wachsen ist, hindurch, oft (Gastrula) noch direkt erkennbar, sich immer mehr und mehr spezialisierend und komplizierend.

Die Ursache der »Entwickelung«, zu der die Wechselwirkung mit dem Medium veranlassend hinzukam, war, wie gesagt, der exzentrische Eiaufbau, also ein formales Prinzip; formal sind also auch die Ursachen aller weiteren Entwickelung, sie sind keine Folge der Natur des Stoffes.

Nach diesen Ausführungen können wir die Goetteschen Definitionen verstehen [1]).

»Die Summe der Bedingungen, die weder den Stoff, noch seine Wechselwirkung mit der Außenwelt verändern, dagegen das Maß und die Anordnung derselben modifi-

1) Ich citiere nicht ganz wörtlich.

zieren und dadurch eben die Leistung, ruft Entwickelung hervor.« Diese Bedingungen heißen: »Formbedingungen«; ihr Inbegriff »Formgesetz[1]).«

»Das Formgesetz ist nie inhärente Eigenschaft des Stoffes.«

»Obwohl später ausschließlich an die Entwickelungserscheinungen und deren Substrat gebunden, ist das Formgesetz doch nach seinem Ursprung als ein außerhalb desselben (Medium) verursachtes und vorbereitetes Motiv der Entwickelung anzusehen.«

Daß Haeckel sich irrte, wenn er in dem »Formgesetz« etwas der »Lebenskraft« Ähnliches vermutete, ist nach allem Gesagten wohl klar, übrigens auch von Spitzer dargethan.

Um nun etwas ins Detail zu gehen, so würde z. B. das »Formgesetz« die unmittelbare mechanische Ursache für die ungleiche Verteilung des Wachstums anzugeben vermögen und dieselbe bis auf das Ei als Ausgangspunkt zurückverfolgen können. Des weiteren scheinen mir 2 Gebiete seines Bereiches der Erwähnung wert, deren eines geometrischer Natur ist, während das andere mechanischen Charakter trägt.

Da der wachsende Keim ein Ganzes bildet, in welchem jeder Teil in jedem Moment eine bestimmte Lage hat, so wird, mögen auch zwei beliebige Bezirke im Verlaufe des Wachsens voneinander direkt unabhängig, nur von einer fernen Ursache gemeinsam abhängig sein, doch diese anfängliche Lagebeziehung, etwa an bestimmten Orten der Blastula, nie völlig schwinden, sondern stets ihren Einfluß sichtbar machen, indem auch später die direkt nicht voneinander abhängigen Organe eine gewisse Lagebeziehung besitzen, die nun aber nichts Neues, sondern eine geometrische Folge jener

---

1) Eine vortreffliche Illustrierung des Begriffs der Formbedingung giebt Goette in seiner Schrift über den „Ursprung des Todes“, allerdings mit anderer Tendenz: das Schlagen einer Wimper bleibt immer dasselbe; ob eine fortschreitende, eine rotierende oder eine sonstige Bewegung des Ganzen daraus resultiert, hängt von seiner Gestalt, d. h. eben von den „Formbedingungen“, unter denen das Wimperschlagen sich äußert, ab.

alten Korrelation ist, dadurch bedingt, daß, so zu sagen, in einem gegebenen Moment jeder der betrachteten Bezirke durch bestimmte Koordinaten in einem geschlossenen System charakterisiert war.

Als Gegenstück zu dieser »geometrischen Korrelation,« wie man sie nennen könnte, macht nun auch die »Massenkorrelation« Roux's, welche sich vorwiegend in Druckwirkungen etc. äußert, eine Erscheinungsart des Formgesetzes aus; von dieser werden wir im nächsten Abschnitte handeln.

Das Wesentlichste an dem »Formgesetz« ist jedoch die Darlegung der kausalen Kontinuität der ganzen Entwickelung vom Ei an und der Versuch, ihre bekannte physikalische Natur nachzuweisen, ihre Ableitbarkeit aus bekannten Kräften. In dem verschiedenen Formaufbau der Eier würde die Verschiedenheit der Organismen begründet sein; nicht, wie wohl die herrschende Ansicht ist, in ihrer differenten stofflichen Natur, wonach sich der Entwickelungsprozeß gleichsam als Ausdruck eines chemischen Vorganges darstellen würde. Ob jene Ableitung aus bekannten Kräften freilich haltbar ist, das ist eine andere Frage, die uns hier fern liegt; jedenfalls können wir mit Liebmann Goette das Verdienst nicht absprechen: »das Problem, die Entstehung und den Lebensprozeß zunächst nur eines Individuums als notwendige Folge aus Grundkräften . . . abzuleiten, als solches erkannt zu haben«.

Was jene Ableitung aus bekannten Agentien betrifft, so ist sie bei Goette, im Gegensatz zu den Berthold-schen Forschungen, ganz allgemein gehalten. »Indem er sich aus naheliegenden Gründen zur Erkenntnis nur der allgemeinsten Gründe bescheidet, wird zugleich die Existenz unbekannter, aber notwendiger besonderer Bedingungen zugestanden, unter denen allein aus jenem allgemeinen Grunde die konkrete Erscheinung hervorgeht« (Würmer II).

Ich will endlich noch anführen, wie Goette die beiden gegenwärtig für fundamental gehaltenen Thatsachen der Vererbung und Variabilität mit seinem Prinzip in Einklang bringt, um damit die Berührung mit der

Descendenztheorie zu gewinnen, vorwiegend um zu zeigen, daß er in der That ein vollendetes System gegeben hat, dann auch, weil wir seine Definitionen später gebrauchen werden.

Das Vererbungsproblem läuft auf die Frage hinaus, »warum ein Teil eines Eiproduktes sich stets in einige dem Ausgangspunkt relativ gleiche Gebilde verwandele«. Da ferner »die Vererbung keine Kontinuität, sondern eine wiederholte Neubildung ist, so sind bei der stets erneuten Zusammenstellung gleicher Bildungsursachen kleine Abänderungen unvermeidlich«; das ist Variabilität. Daß Goette letztere nicht das Endprodukt der Entwickelung, sondern den Entwickelungsprozeß beeinflussen läßt, wie er auch sonst häufig ausgeführt hat, ist damit zugleich ausgesprochen.

Gleichzeitig erhellt aus vorigem, daß bei Goette's »Entstehung der Arten«[1]) der »Zufall« eine ähnliche große Rolle spielt oder eigentlich dieselbe, die ihm der reine Darwinismus zuschreibt; nur daß er sich allerdings von der Art dieses »Zufalls« größere Rechenschaft giebt als dieser. Diese Dinge werden uns am Schluß wieder beschäftigen.

Goette's Leistung ist schwer mit den vorher besprochenen zu vergleichen. Hat er in geringerem Grade als Sachs, Berthold und Schwendener unseren direkten Einblick in die mechanischen Prinzipien der Formbildung gefördert, so hat er dafür gleichsam in großen Zügen den Weg vorgezeichnet, den eine konsequente mechanische Erklärung der lebenden Formen vielleicht einst gehen könnte. Ob die näheren Angaben über diesen Weg dem Sachverhalt entsprechen oder nicht, muß die Spezialforschung lehren. Goette's Leistung geht nicht den strengen Weg physikalischer Forschung und Hypothesenbildung, sie ist vor allem eine allgemeinphilosophische, methodologische Direktive.

Die Schlußbetrachtungen werden uns, wie gesagt, Veranlassung geben, noch einmal auf den Goette'schen Ideengang zurückzukommen.

1) besser der „Formen", vgl. unten.

E. Die Massenkorrelation. — His.

Nach den letzten Erörterungen, die uns notwendigerweise auf ein etwas weiteres Gebiet der Naturbetrachtung gelenkt haben, wenden wir uns nun zum Schlusse wieder spezielleren Forschungen zu, die einen exakten Weg einschlugen.

Namentlich da wir bei Erörterung des Goette'schen Formgesetzes der »Massenkorrelation« schon Erwähnung thaten, sofern sie einen Bestandteil desselben ausmacht, können wir in unseren thatsächlichen Darlegungen hier kurz sein, um für einen abermaligen etwas allgemeineren Exkurs, zu dem uns His Veranlassung geben wird, Raum zu gewinnen.

Es handelt sich hier, kurz gesagt, um Wirkungen mechanischen Druckes oder Zuges im Verlauf der Entwickelung eines Organismus, um Agentien, welche zur Erscheinung kommen, da die lebenden Körper zugleich physikalische Körper sind, und da sie ein geschlossenes System bilden. Denken wir uns, um ein ganz einfaches Beispiel dieser Art herauszugreifen, eine Blastula, und an entgegengesetzten Orten derselben eine Einstülpung nach dem Centrum zu wuchern; sobald beide Einstülpungen sich berühren, werden sie, weiteres Wachstum vorausgesetzt, sich gegenseitig einen Widerstand entgegensetzen und einer Bildung (plattenartig) den Ursprung geben, die in jeder für sich (Selbstdifferenzierung — Roux) nicht bestimmt war. Jedes Gebilde ist für das andere ein äußeres Agens, obwohl oder eben weil sie demselben (geschlossenen) System angehören. Zwei Gummibälle, von verschiedenen Seiten eingedrückt, würden dasselbe Verhalten zeigen; beide Erscheinungen sind in der That direkt vergleichbar.

Es wird klar sein, daß wir mit Recht diese Erscheinungen dem »Formgesetz« subsumiert hatten; sie sind eine mechanisch geäußerte Folge der »Formbedingungen« des Systems. Eingehendes Nachdenken allerdings wird dazu führen, genannte Korrelation und das Formgesetz vielleicht nicht als subordiniert, sondern letzteres selbst als eine Art Massenkorrelation im Ganzen zu bezeichnen.

Wir müssen, um dieses klar einzusehen, bei einem Fundamentalunterschied der Ansichten Goette's und Roux's einen Augenblick verweilen. Die Blastomeren, um ein Beispiel zu nehmen, sind nach letzterem Forscher völlig von einander unabhängig; gelänge ihre Isolierung etwa auf dem Sechzehnzellen-Stadium, so würden wir nach ihm, Weiterentwickelung vorausgesetzt, sechzehn Teile eines Organismus erhalten, aus denen er sich ideell zusammensetzen ließe; jede Blastomere ist im strengsten Wortsinne für die anderen Außenwelt[1]). Ganz anders Goette: Nur der formale Bau des Eis, zusammen mit der eingeleiteten Diffusion, bedingt die folgende Ontogenese und zwar im Grunde genommen jedes Stadium A als Ganzes das nächstfolgende Ganze B. Zumal nun Goette die Vorstellung eines unbekannten stofflichen Prozesses als Grundlage der Formbildung prinzipiell verwirft, könnte man wohl mit Recht sagen, das ganze Formgesetz sei eine große komplizierte Massenkorrelation. Dies, um Mißverständnisse zu verhüten. Ich kann nicht leugnen, daß mir die, freilich noch nicht mit aller wünschenswerten Klarheit gelungenen Versuche Roux's über Hervorbringen halber Froschembryonen gegen Goette in's Gewicht zu fallen scheinen.

Nun zurück zur speziellen Erörterung der Massenkorrelation. Falls die Gelenkbildung thatsächlich durch Reibung und Abschleifung und nicht vielmehr durch funktionelle Anpassung definitiv würde (Roux), so hätten wir sie hier aufzuführen, womit zugleich unsere Schuld aus dem Kapitel »Gelenkmechanik« eingelöst ist.

Eine wichtige und lehrreiche Illustration der Massenkorrelationen wird uns durch Schwendener's Blattstellungstheorie gegeben. Wird der Ursprung der Blattanlagen am Vegetationspunkt als nach Zahl und Größe bestimmt gegeben vorausgesetzt, so zeigt uns Schwendener, daß die in den bekannten Spiralen ihren geometrischen Ausdruck findende Anordnung derselben die Folge gegenseitigen Druckes ist, der durch das Geschlossensein des vorliegenden Formsystems bedingt ist. Die Spiralen

1) „Mosaikarbeit" — Roux.

sind nichts Neues, nichts Spezifisches, sondern etwas durch die Natur des Systems aus einem andren Spezifischen mechanisch Folgendes. Daß die mechanische Folge hier in klarem geometrischen Gewand auftritt, ist wohl wieder eine Folge der Natur des Systems. Es sind hier gewissermaßen mechanische und geometrische Korrelation vereint. — Daß die Leistungen der Vorgänger Schwendener's in der Blattstellungsfrage samt und sonders mathematische Formulierungen waren, sei hier nur erwähnt sie sind im Einzelnen durch ihn illusorisch gemacht, wenn sie ihm auch eben durch die Formulierung den Weg bahnten.

Viele spezielle Darlegungen endlich über die Wirkung gegenseitigen Druckes u. s. w. hat His in seinen Schriften gegeben. Da aber Ausführungen der einzelnen Verhältnisse wenig allgemein Wichtiges bieten würden, außerdem im einzelnen Falle die Feststellung, was auf Rechnung mechanischer Wirkung zu setzen, und was trotz anderen Anscheines Selbstdifferenzierung ist, noch sehr schwierig ist (Rautengrube — Roux), so wollen wir von der Erörterung derselben vielmehr absehen und dafür eine kurze Skizze der Gesamtanschauung des Leipziger Forschers mit Hinblick auf die allgemeinen von uns entwickelten Gesichtspunkte zu geben versuchen.

His geht in seinen Betrachtungen aus von dem gesetzmäßig verteilten Wachstum des als gleichartige Fläche gedachten Keimes. Dieses nach Verteilung und jeweiliger Intensität geregelte, an verschiedenen Stellen ungleiche Wachstum soll vermöge der Natur des geschlossenen Systems, das der Keim darstellt, durch die erwähnte Massenkorrelation mit Notwendigkeit den Organismus in Erscheinung treten lassen. »Hat die Entwickelungsgeschichte für eine gegebene Form die Aufgabe physiologischer Ableitung durchgreifend erfüllt, dann darf sie mit Recht von sich sagen, daß sie diese Form als Einzelform erklärt habe.« Die Körperform wird also nach His durch das Keimwachstum erklärt; sie ist eine »unmittelbare Folge« desselben. Sein »Bestreben geht also 1) auf empirische Feststellung des Wachstumsgesetzes und 2) auf die Ableitung der sich folgenden Formen des ent-

stehenden Körpers aus jenem Gesetz«, eben durch Massenkorrelation.

Bekanntlich teilt His mit Goette das Schicksal, auf Grund seiner Anschauungen von fast allen Seiten angefeindet, wenn nicht unbeachtet gelassen zu sein. Man wirft ihm namentlich vor, daß er hier von dem »Erklären« einer Form spräche aus Ursachen, die doch selber der »Erklärung« höchst bedürftig seien, nämlich den geregelten Wachstumsvorgängen, die er ohne weiteres als vorhanden annehmen soll.

Ich will nun an dieser Stelle ein erweiterndes Eingehen auf den höchst schwankenden Begriff des Erklärens noch vermeiden und nur hervorheben, daß His selbst ihn an einem trefflich gewählten Beispiel (der Kurzsichtigkeit) in für seine nächsten Zwecke genügender, sonst freilich wohl nicht erschöpfender Weise illustriert, und will dafür an der Hand einiger His'scher Aeußerungen zu zeigen versuchen, daß genannte Anfeindungen ihr Ziel verfehlen.

Wohl nimmt His zunächst für die Ableitung der fertigen Form (eigentlich dann eine geometrische Aufgabe) die spezifische Wachstumsanordnung als gegeben an, wie in entsprechender Weise auch Schwendener; seine vorhergehenden Ausführungen, die das genannte Gleichnis enthalten, zeigen aber aufs deutlichste, daß er hierin nur die zunächst liegende »unmittelbare« Erklärung sieht. Wenn nach seiner Ansicht »in endloser Ferne die Möglichkeit steht, die Wachstumsgesetze organischer Wesen in Formeln niederzuschreiben«, so scheint mir doch daraus evident zu sein, daß diese mathematische Formulierung nach seiner Ansicht eine Erklärung des Wachsens selbst vorbereiten soll.

Um alle Zweifel zu zerstreuen, setze ich noch einen größeren Passus (Körperform 212 und 213) wörtlich hin: »Besäßen wir die ideale Klarheit jenes von Laplace gedachten Geistes, dem der Weltprozeß in einer mathematischen Formel vorliegt, dann würden uns auch die Wachstumsformeln organischer Wesen nach ihrem letzten Ausdruck bekannt sein, und wir vermöchten sie nach ihrer Form und innerhalb jeder Form nach dem Wert ihrer

konstanten Glieder zu ordnen. . . . Würden wir alsdann die Formeln nach ihrer phylogenetischen Succession zusammenstellen, dann würden auch diese Reihen fortlaufende Aenderungen der Koeffizienten neben steigender Komplikation der Formeln aufweisen, und aus den dabei zu Tage tretenden Gesetzen müßte wohl ohne weiteres erkennbar sein, ob die im Lauf der Generationen erfolgten Umbildungen ihren Grund im Wesen der Entwicklung selbst gehabt haben, oder ob sie ausschließlich aus Anpassungen an äußere Lebensverhältnisse hervorgegangen sind.«

Abgesehen davon, daß »phylogenetische Succession« wohl erst aus der Anordnung der Formeln nach ihrer Aehnlichkeit eventuell zu folgern wäre, sehen wir in diesen Worten deutlich den Gedanken der einstigen mechanischen Erklärung nach vorausgegangener mathematischer Formulierung, wenn auch nicht nach allen Seiten hin mit genügender Schärfe ausgesprochen. Wir müssen daher, obschon jener Gedanke nur prinzipiell angedeutet, nicht, wie bei Goette, wirklich durchzuführen versucht wurde, in His nicht nur den Begründer einer Art der mechanischen Betrachtung, der Lehre von den Massenkorrelationen, sondern zugleich auch den Denker eines skizzierten Ideengebäudes der mechanischen Morphologie erblicken. Nach dieser Seite hin ist auch das Verdienst von His ein allgemein philosophisches und methodologisches.

Wir sind mit der Darlegung der verschiedenen Gebiete der mathematisch-mechanischen Forschungsrichtung in der Morphologie nunmehr am Ende. Der Leser wird wohl über diesen Satz verwundert sein und die Betrachtung einer der in der vorläufigen Uebersicht aufgezählten Kategorien von Forschungsergebnissen vermissen: nämlich der mechanischen Zweckmäßigkeiten. Daß die Betrachtung dieser nicht in den Rahmen unserer Studien gehört, soll der folgende kleine Abschnitt darzuthun versuchen.

V. Die mechanische Zweckmäfsigkeit.

Wir nennen eine Organisationseinrichtung zweckmäßig, wenn sie die ihr obliegende Funktion in auffällig guter Weise vollzieht; die genannte Einrichtung pflegt sodann als der Funktion »angepaßt« bezeichnet zu werden, mit welchem Worte zunächst noch nichts über ihre Herkunft gesagt zu werden braucht. Uns sollen hier also Anpassungen an mechanische Funktionen, Druck, Zug etc., dem zu widerstehen ist, beschäftigen.

Die Mechanik lehrt den Ingenieur gewisse Gesetze kennen, die er bei seiner Thätigkeit in Anwendung zu bringen hat, wenn er mit möglichst geringem Material eine möglichst große oder aber bei gegebenem Material die größte mögliche Wirkung (Festigkeit etc) erzielen will. Wenn wir also morphologische Gebilde, die mechanische Funktion erfüllen, derart organisiert antreffen, daß sie wie der Ingenieur die genannte Minimum-Maximum-Aufgabe lösen, daß sie wie von einer Intelligenz ausgeführt erscheinen, nennen wir sie mechanisch angepaßt, mechanisch zweckmäßig.

Es ist klar, daß der Erkenntnis dieser mechanischen Zweckmäßigkeit eine mathematisch formulierte Analyse des Objektes vorangehen muß; der Vergleich der erhaltenen Formulierung mit der Formulierung der Ingenieurprobleme ergiebt dann eben das gleiche mechanische Prinzip beider; er zeigt, daß beide denselben mechanischen **Zweck** erfüllen, nicht etwa weist er auf die Identität der **Ursachen** beider hin.

Das heißt aber, wir gelangen hier nicht zu einer mechanischen Erklärung; wir erkennen ein »für Mechanik«, aber kein »durch Mechanik«, kein »nach bekannten mechanischen Gesetzen«.

Dieser fundamentale Unterschied, den ich nur bei Spitzer genügend hervorgehoben finde, und der gerade durch die unglückliche botanische Nomenklatur auf diesem Gebiete besonders verdunkelt wird, wird dadurch noch weit bedeutsamer, daß die Erkenntnis des mechanischen Zweckes im Gegensatz zu derjenigen der mechani-

schen Ursache nicht nur nichts »erklärt«, sondern im Gegenteil ein neues ungeheures Rätsel aufgiebt, dessen Lösung immerhin durch die Theorie der funktionellen Anpassung und den Kampf der Teile im Organismus von Roux nicht ohne Erfolg versucht ist (im Gegensatz, wie ich denke, zu vielen der von Pflüger als »teleologische Mechanik« aufgeführten Fälle, die zunächst jeder Annäherung spotten).

Hermann Meyer, J. Wolff und vor allem Roux auf zoologischem, Schwendener auf botanischem Gebiete sind wohl in erster Linie als Förderer unserer Kenntnisse der mechanischen Zweckmäßigkeiten zu nennen; auf Einzelheiten ihrer Ausführungen kann ich hier nicht eingehen.

Bezüglich der genannten Roux'schen Erklärung, die uns im Einzelnen hier auch fern liegt, möchte ich nur das Eine hervorheben, daß sie der Selektion mit vorangegangener nach Größe und Richtung unbestimmter Variabilität nur die Ausbildung von Quantitäten, wenn ich so sagen soll, an bereits vorhandenem Material, nicht auch die Bildung von Qualitäten [1]) zuschreibt, wie sie der Darwinistischen Selektion unter gleichen Voraussetzungen zugemutet wird. Deshalb, und namentlich auch wegen Mangels rein formaler Gesetzmäßigkeiten auf ihrem Gebiete, wird, scheint mir, die Roux'sche Theorie auch dann noch ihren Wert als erklärendes oder vielmehr auf den Erklärungsweg hinweisendes Prinzip behalten können, wenn diejenige Darwin's [2]) als nicht ausreichend oder gar bedeutungslos erkannt wird, ein Gedankengang, der erst kürzlich von G. Wolff [3]) trefflich durchgeführt worden ist.

Dieses uns hier eigentlich fremde Gebiet verlassend,

---

1) Die Worte „Quantität" und „Qualität" geben den Sinn meiner Ansicht schlecht wieder; in etwas anderer Bedeutung ließen sie sich wohl gar vertauschen. Ich muß es dem Leser überlassen, den evidenten Unterschied klar zu denken.

2) Wohl verstanden, die Selektion mit vorausgehender durchaus unbestimmter Variabilität, von zufälligem Charakter. Wird letzterer gesetzlich angenommen, so kommt natürlich die Selektion ohne weiteres zu ganz untergeordnetem Wert.

3) Biolog. Centralblatt, Bd. X.

konstatieren wir nur nochmals den fundamentalen Unterschied der mechanischen Zweckmäßigkeiten von den vorher betrachteten mechanischen Erklärungs- und Betrachtungsversuchen und wollen zum Schlusse unserer speziellen Darlegung zur Uebersicht das Wichtigste, was wir aus ihr lernten, zusammenstellen.

VI. Zusammenfassung.

Wenn wir von ganz unwesentlichen Dingen absehen, so bleiben drei Punkte positiver Leistungen der mathematisch-mechanischen Betrachtungsweise in der Morphologie:

1) Haeckel's Promorphologie hat die geometrische Formulierung der äußeren Organisationsformen der Lebewesen in systematischer Weise durchgeführt: ihre Leistung ist eine analytisch-mathematische, ordnende, ohne daß sie darum, wie gleiche Bestrebungen in der Krystallographie, die Vorläuferin mechanischer Erkenntnis geworden wäre.

2) Berthold hat gezeigt, daß die Art und Weise der Aneinanderfügung der Zellen verständlich ist, sobald wir in ihr die Kräfte der Oberflächenspannung uns wirksam denken. Als Ganzes ist diese Zellenordnung dann ebenso verständlich, wie die Konfiguration der Blasen in einer Bierflasche, denn es hat Berthold auf Grund einer von Sachs und ihm selbst gegebenen geometrischen Formulierung die Identität dieser mit der Geometrie gewisser morphologischen Erscheinungen der Physik erkannt und daraus auf Identität der Ursachen geschlossen. Seine Leistung ist eine partielle mechanische Erklärung, freilich wohl noch nicht von genügender Sicherheit.

3) His, Schwendener in seiner Blattstellungslehre und Roux haben in der Massenkorrelation ein rein mechanisches formbildendes Prinzip nachgewiesen, das in der Natur des Keimes als eines geschlossenen Systems bedingt ist. Die Erkenntnis letzterer Thatsache ist in diesem Falle gewissermaßen die hier sehr einfache, nämlich sehr allgemeine geometrische Formulierung. — Soll spezielle

Erkenntnis dieser Verhältnisse für einen gegebenen Fall erreicht werden, so muß ihr natürlich auch eine spezielle Formulierung vorangehen.

Außer diesen positiven Leistungen einer exakten Betrachtungsweise haben wir ferner in Goette's Formgesetz den idealen Versuch eines ganzen Systems der mechanischen Morphologie kennen gelernt, und von His gewisse, wenn auch fragmentarische, Andeutungen über den Weg, den das mechanische Erkenntnisbestreben zu gehen hat, gehört, welche, wofern wir seine Worte richtig ausgelegt und nicht etwa unsere eignen Ideen in dieselben hineingelegt haben, Anklänge an dasjenige zeigen, was wir allgemein im Kapitel II ausgeführt haben.

Diese letzten methodologischen Darlegungen, namentlich diejenigen Goette's, werden wir nochmals zu streifen haben, wenn wir nunmehr daran gehen, unsere Studien mit einigen weiteren Ausblicken und der Andeutung gewisser eigener Gesichtspunkte zum Abschluß zu bringen.

Schlussbetrachtungen.

Um zu zeigen, welchen Weg eine Wissenschaft einschlagen könne, um sich zum Range einer exakten Disziplin zu erheben, muß die Untersuchung vorangehen, ob ihr dies ihrem inneren Wesen nach überhaupt möglich sei. Wir wollen daher vor allem anderen die Morphologie der Organismen auf dieses ihr Wesen hin untersuchen, indem wir die beiden fundamentalen Ansichten miteinander vergleichen, die über das Wesen der lebenden Formen a priori möglich, und die auch beide in irgend einem Gewande geäußert sind. Daß diese beiden Anschauungen die Prädikate zufällig und gesetzlich verdienen, schicken wir zunächst ohne Begründung und Erläuterung voraus.

Es wurde schon oben hervorgehoben, daß dem reinen Darwinismus, dem einen der von uns zu betrachtenden Extreme, die Variabilität als nach Größe und Richtung unbestimmt gilt. Wie mit Rücksicht auf die Totalität des einzelnen Individuallebens die Variabilität aufzufassen sei,

namentlich bezüglich der Thatsache, daß dieses Individualleben sich dem wissenschaftlichen Auge doch als ein Prozeß darstellt, als eine gestaltliche Folge, darüber geht die genannte Anschauung ohne viel Bedenken hinweg. Die ausgebildeten morphologischen Stadien sind individuell unbestimmt verschieden, aber auch nicht zwei Individuen leben unter ganz denselben Bedingungen; hierdurch ist für jene unbestimmte Variabilität ein zureichender Grund gegeben. Haeckel bezeichnet in diesem Sinne geradezu die Variabilität (seine »Anpassung») als abhängig von der Funktion der Ernährung, wobei dieser Begriff wohl einen sehr weiten Umfang haben soll. Da also das veränderliche Substrat bezüglich der künftigen Veränderung als gänzlich indifferent gedacht ist, der Grund letzterer vielmehr lediglich in das gerade wirkende Agens gelegt wird, die darwinistische Anschauung andererseits aber in dieser »spontanen Variabilität« den ersten Anlaß neuer Formbildung[1]) sieht, so können wir mit Rücksicht auf unseren Zweck genannte Meinung als Theorie der zufälligen Formbildung bezeichnen. Natürlich hat auch nach dieser Ansicht die Formbildung einen Grund, also eine gewisse Gesetzlichkeit jedenfalls, aber es ist dies die Gesetzlichkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung, kurz gesagt keine »physikalische«, sondern eine »historische«; Begriffe, auf die wir noch zurückkommen. Eben deswegen heißt sie uns, vielen Protesten (z. B. Huxley) entgegen, zufällig.

So leichten Kaufs sind wir aber doch wohl noch nicht mit genannter Ansicht fertig geworden. Sowohl der Begriff des verändernden Grundes, welcher ganz und gar im wirkenden Agens liegen soll, als auch der des Zufalls erheischen eine etwas eingehendere Erörterung.

Ich werde dieselbe lediglich an der Hand von Beispielen und Gleichnissen anstellen und sehe in ihr nicht mehr als den Versuch einer Erläuterung. In ähnlichem Sinne ist der Begriff des Zufalls von Bär und

1) Daß Selektion nie Formen schaffen, sondern nur Arten umgrenzen kann, ist klar und schon häufig gesagt. Darwin schrieb ja eine „Entstehung der Arten", keine Entstehung der Formen. Die formbildende Kraft setzte er als gegeben voraus.

Nägeli behandelt worden, auf welche Autoren hiermit hingewiesen sei.

Schon oben sagte ich: natürlich habe die Variabilität der Darwinisten bei ihnen überhaupt einen Grund. Dieser ist ja die notwendige Zuthat von seiten unserer Erkenntnis; eine »causa« hat jede Thatsache unserer Erscheinungswelt. Da das Wort »Zufall« nun aber existiert und, wie wir ohne Analyse überzeugt sind, etwas Besonderes bedeutet, so folgt, daß bloße Behauptung von Naturgesetzlichkeit Zufall nicht ausschließt. — Findet vielleicht »Zufall« allemal dann statt, wenn zwei, dem Wesen nach unabhängige Folgereihen zu einander in Beziehung treten? Prüfen wir hierzu die Begriffe »Ursache« und »Veranlassung«, aber, nochmals sei es betont, nicht erschöpfend, sondern erläuternd.

Wir wollen unsere Beispiele so zu wählen suchen, daß sie alle drei fraglichen Begriffe zugleich und nach verschiedenen Seiten hin beleuchten, das letzte wird uns dann wieder zu unserem Thema hinüberleiten. Schließen wir uns zu diesem Zwecke zunächst einem auch von Bär benutzten Exempel an.

Von einem Hause fällt ein Stein hinab auf die Straße; befindet sich ein Mensch in seiner Bahn, so wird er getroffen, oder fährt ein Wagen mit Dynamit vorbei, so wird er getroffen, oder eine Glocke, sie wird getroffen, auch die Peitsche eines Kutschers wird getroffen. Wir sagen populär, das »Treffen« sei durch den Stein verursacht; ist es aber nicht in gewisser Hinsicht veranlaßt, sofern die Massennatur das Getroffene erst »treffbar« macht? Diese besitzt allerdings jedes Ding der Erscheinungswelt, darum pflegen wir von ihr abzusehen und machen, etwas inkorrekt, für den ganzen Effekt das Treffende, den Stein, verantwortlich. Bis jetzt haben wir eigentlich nur eine Schwierigkeit aufgedeckt; nun weiter: der getroffene Mensch stirbt, der Wagen explodiert, die Glocke tönt, die Peitsche wird verbogen; nun liegt deutlich Veranlassung vor; das Wesen der Reaktion liegt allein im Getroffenen. Mechanisch gesprochen: das (getroffene) System kann nur gewisse Bewegungen ausführen, die ihm durch Bedingungs-

gleichungen vorgeschrieben sind. Da es andrerseits nicht im Wesen des Menschen lag, gerade jetzt zu sterben, nicht in dem der Peitsche, gerade jetzt verbogen zu werden, und nicht in dem der Glocke, gerade jetzt zu tönen, so reden wir beim Eintritt der von uns geschilderten Ereignisse von Zufall.

Ein Gegenstück aus der Chemie: in einem Glase befindet sich das gelöste Salz einer schwachen Säure; über ihm ist ein horizontales Rad derart angebracht, daß seine Peripherie über des Glases Mitte streicht. Rund um diese Peripherie sind 20 Fläschchen, mit verschiedenen Säuren gefüllt, befindlich und mit einem Mechanismus versehen, der jede Minute aus jeder einen Tropfen herabfallen läßt. Ein Kind mag das Rad ungleichmäßig, nach seiner Laune, drehen; zuerst fällt dann etwa ein Tropfen Schwefelsäure in die Salzlösung, es entsteht Sulphat, dann, nachdem die Lösung ersetzt, Salpetersäure, es entsteht ein Nitrat u. s. f. Da haben wir Veranlassung und zugleich Zufall deutlich vor uns.

Zufällig ist es, daß gerade nun das Sulphat, dann das Nitrat entsteht, oder gleich zusammenfassend: die Veranlassung (das »vorbereitet Gewesene«, »Hervorgerufene« des Effektes) wird dadurch angezeigt, daß, sagen wir Kalisulphat entsteht, das Zufällige dadurch, daß Kalisulphat entsteht; daß Kalisulphat gebildet wird, ist also eine veranlaßte Zufälligkeit oder eine zufällige Veranlassung.

Setzen wir nun an Stelle unserer 20 Säuren unbestimmt viele »Agentien«, so haben wir die formbildende Kraft, die Variabilität, der Darwinisten. Freilich kommt bei ihr das Wesen des durch Ernährung modifizierten Körpers in Rechnung, schon weil er ein chemischer Körper ist, wie unser Kalisalz, Veranlassung ist das Umbildungsereignis also stets; aber der Körper soll, um einen anderswo [1]) benützten Ausdruck zu setzen, die Fähigkeit haben, seine potentielle Energie in unbestimmter Mannigfaltigkeit in aktuelle umzusetzen; daß er sie gerade

1) Die Tektonik der Hydroïdpolypen etc., Biol. Centr. XI.

nun in diese, dann in jene umsetzt, wird damit durchaus zufällig.

Wir müssen also, wenn wir streng sein wollen, die Ursache der Formbildung auch bei der Variabilität der Darwinisten in den Organismus verlegen und werden vielleicht von »Ursache« überhaupt nur bei Vorgängen in einem geschlossenen System reden können; sonst haben wir stets »Wechselwirkung«, gegenseitige »Veranlassung«.

Zufällig ist uns also die Variabilität des Darwinismus, weil der veranlassungsfähigen Agentien unbestimmt viele, unbestimmt auftretende sind. Wenn, wie ich es für die Stöcke der Hydroiden wahrscheinlich machte, Veranlassungen nötig sind, um von 2 oder 3 Knospungsmöglichkeiten an einem Polypen eine zu realisieren, so reden wir gleichwohl von Gesetzlichkeit. Hier ist eben die Möglichkeit mehrfacher Art des Baues Bestandteil des Wachstums-»Gesetzes«. Wollten wir aber bei Möglichkeiten, zu deren Wesen gerade die Unbestimmtheit gehört, von »gesetzlich« reden, so höben wir diesen Begriff damit auf.

So viel zur Klärung des Begriffs der darwinistischen Variabilität, welcher meist ebenso unbestimmt gefaßt wird, wie sie selbst sein soll.

Die Vererbung, um endlich zu dem zweiten Grundbegriff der zufälligen Formbildungstheorie überzugehen, wird als Thatsache von ihr zunächst hingenommen; die verschiedenen Hypothesen, die sie erläutern sollen, von ihr selbst als höchst provisorisch und zunächst unfruchtbar anerkannt. Sie kommt aber mit diesem Begriff etwas ins Gedränge, da hier nicht, wie bei der Variabilität, nur das erwachsene Wesen zunächst in die Augen fällt, sondern der Prozeß als das Fundamentale der organischen Form gar deutlich sich kenntlich macht, so deutlich, daß man ihn nicht übersehen kann.

Man versteht also unter Vererbung die Erscheinung, daß ein Individuum den Formenprozeß seiner Eltern wiederum vom Ei aus durchläuft, und läßt dieses als erweiterte Definition des populären Begriffes gelten; da die zufällige Variabilität (Formbildung) nun der erwachsenen Wesen Formgestaltung erweitert haben soll, so führt der

Begriff der Vererbung, wie ich ihn faßte, ohne weiteres zum sogenannten biogenetischen Grundgesetz. Dieses »Gesetz« paßt nun aber anerkanntermaßen zur vorausgesetzten allgemeinen Descendenztheorie nicht ohne weiteres, und damit erweisen sich zugleich die gegebenen Definitionen entweder als falsch oder als unzureichend. Nehmen wir zunächst letzteres an: man hat den Begriff »Cenogenie« geschaffen, gewissermaßen als Ergänzung des Vererbungsbegriffs, indem man, sich eine genaue Klarlegung desselben ersparend, kurz gesagt einen bestimmenden Einfluß der erwachsenen Vorfahrenform auf das Resultat der Nachkommenentwickelung annahm, einen Einfluß, der, da er auf verschiedenen Wegen Gleiches schafft, zum mindesten ein Bedenken wachrufen sollte; dieses wird dadurch nicht gemildert, daß man einige Stadien des Formbildungsprozesses — die Larven — selbständig variieren läßt u. a. m., Dinge, welche des Rätselhaften nur noch mehr schaffen.

Um kurz zu rekapitulieren, so operiert der reine Darwinismus mit der zufälligen Variabilität, durch Ernährung bedingt, mit der dem Wesen nach unbekannten Vererbung, die in erweiterter Definition die »Palingenie« einschließt, und mit der »Cenogenie«, als einer noch unbekannteren, völlig unvorstellbaren Art der Beeinflussung der individuellen Formbildung. Von letzterer abgesehen, wird also vermöge des definierten erweiterten Vererbungsbegriffs der phylogenetische Formbildungsgrund direkter Anlaß zum ontogenetischen. Die Selektion brauchten wir nicht zu nennen, da, wie schon erwähnt, auch nach Ansicht des reinen Darwinismus diese die Formen nicht schaffen, sondern sie nur mittelbar steigern und umgrenzen kann.

Ohne daß er von der Grundidee der vorstehenden, wegen ihrer Unklarheit zunächst unbrauchbaren Anschauung abgewichen wäre, ist der Versuch, dieselbe durch scharfe Analyse einiger Schwierigkeiten zu entkleiden, unternommen worden von Goette, dessen Definition von Variabilität und Vererbung oben auf Seite 30 gegeben wurde. Um diese Ansicht, die im Hinblick auf

das von verschiedenen anderen Seiten über Goette Gesagte zunächst vielleicht paradox erscheinen mag, zu begründen, müssen wir genannte Definitionen etwas näher betrachten. Die Vererbung soll die Wiederbildung einer dem Ausgangspunkt relativ gleichartigen Masse im Wege des Formgesetzes sein; damit ist dieselbe natürlich um nichts weniger unbegreiflich gemacht, als es der reine Darwinismus that; das ist auch gar kein Vorwurf, sie ist uns jetzt wirklich noch ein Buch mit sieben Siegeln. Indem aber Goette die freilich auch nach seiner Ansicht zufällige Variabilität (s. o.) auf das Ei verlegt, verschmilzt er den »Cenogenie«-Begriff mit dem der Vererbung (in unserer erweiterten Definition als Wiederbildung eines Prozesses) derart, daß an Stelle der Wiederbildung die Aehnlichkeitsbildung tritt. Ferner hat Goette diese seine Vererbung, wie oben ausführlich dargethan, in strenger Weise als notwendigen mechanischen Prozeß darzuthun versucht, sobald einmal der ähnliche Ausgangspunkt da ist.

Der reine Darwinismus nun wie auch Goette fußen auf der Descendenztheorie. Das Ei eines höheren Organismus im Goette'schen Sinne, mag es auch stofflich noch so einfach sein, soll doch im Sinne des Straßburger Forschers seinen formalen Bau, der Ausgang des Formgesetzes wird, auf sogenanntem historischen Wege derart erhalten haben, daß jede Generation ihn zufällig etwas verändert wiederbildete[1]) (sein Vererbungsbegriff), so daß also dieser formale Bau schließlich ein sehr verwickeltes Ding geworden ist, welches die Ei-Tektonik aller vorherigen Generationen voraussetzt. Die Ansicht Spitzer's, Goette's Theorie mache eigentlich die »Phylogenie« entbehrlich, man müsse sich wundern, daß nicht überall, wo Sputa im Wasser sich befänden, durch Diffusionsströme organische Formen entstünden, ist demnach falsch, falsch eben deswegen, weil die Vererbung als nicht mechanisch aufgelöstes Prinzip auch nach dieses Forschers Ansicht bestehen bleibt.

1) Die „Natur“ macht also gleichsam bei jeder Eibildung einen kleinen Fehler.

Der echte Darwinismus wie Goette's Ansicht sieht, um kurz zusammenzufassen, in der Formbildung im Wesentlichen ein historisches Ereignis, das natürlich, wie entsprechende Probleme der Geologie, physikalisch-chemisch vermittelt ward. Es folgt dies aus der Zufälligkeit der Formbildung. Ist man angesichts der Thatsache der Vererbung, selbst bei Voraussetzung der Descendenztheorie, wohl so unbedingt berechtigt, das geologische und morphologische Problem direkt zu vergleichen?

Die Erläuterung des Begriffs der »Erklärung«, welche vielleicht gerade hier am Platze wäre, da sie uns von neuem mit Goette und Spitzer zusammenführen würde, einstweilen übergehend, wende ich mich zur Betrachtung der genannten anderen Auffassungsweise, welche man vom Wesen der organischen Formbildung haben kann.

Fußten, wie wir sahen, die verschiedenen Formen der Theorie der zufälligen Formbildung auf der Descendenztheorie in allgemeinster Gestalt, so nehmen die jetzt zu erörternden Ansichten der gesetzlichen Formentstehung von ihr zunächst nur insoweit Notiz, als ihre Wahrscheinlichkeit unabweisbar ist, nämlich innerhalb derjenigen Formgruppen, in denen die Erscheinung der Verkettung von Mutter und Frucht oder ähnliches derartige auftritt. Nächst vorzüglichen Ausführungen hierüber von Bär hat auch Spitzer zwischen den Zeilen zugegeben, daß genannte Erscheinungsreihe der einzige wirklich zwingende Grund für die Annahme einer Descendenz der Formen ist.

Wenn diese Ansicht von der Gesetzlichkeit der Formentstehung nun entweder die sämtlichen »Typen« der Formprozesse durch noch unbekannte Gesetze, sprungweise auseinander hervorgehen läßt, oder verschiedene voneinander unabhängige Reihen solcher Entwickelung, eben die »Typen«, annimmt, die etwa aus der großen Gruppe einzelliger Wesen hervorgegangen sein sollen, oder wenn sie sich endlich, solches nicht zu benötigen glaubend, Urbilder der »Typen« nach Art der Krystallbildung (nur daß es sich hier um einen Prozeß handelt) als wenn auch mannigfach vermittelter (p. 17) Ausdruck der betreffenden

Stoffkombination in Erscheinung getreten denkt, so ist doch diesen Verschiedenheiten der Auffassung gemeinsam die Vorstellung der inneren im Substrat selbst liegenden Notwendigkeit, mit der die Formen ihren Ausdruck fanden, und das völlige Zurücktreten eventueller Veranlassung durch Aeußres; der Descendenzgedanke, wenn auch angenommen, wird hier unwesentlich. Das Formgesetz wird hier inhärente Eigenschaft des Stoffes, um mit Goette zu reden, es ist sein Ausdruck, mechanisch zunächst völlig unerklärt, wie es der Ausdruck der Kieselsäure ist, im hexagonalen System zu krystallisieren.

Auf die speziellen Formen, in denen der charakterisierte Meinungskomplex auftrat, einzugehen, wird man uns erlassen. Dieselben tragen den Charakter der aprioristischen Konstruktion gar zu deutlich an sich. Das gilt auch von der hier vielleicht vermißten »mechanischen« Abstammungslehre Nägeli's.

Eine Erscheinungsreihe, auf die sich die Gegner der zufälligen Formbildungstheorie besonders berufen — z. B. Lange — ist diejenige der ontogenetischen Entwickelung. An ihrer Hand unter anderem hat auch Wolff in dem erwähnten Aufsatze das Unzureichende der Zufallstheorie mit nachfolgender Zweckmäßigkeitswahl dargethan. — Die Thatsache, daß doch jetzt jedenfalls Stoffkombinationen — die Eier — existieren, die Formbildung ganz aus sich selbst erzeugen, macht außerdem für die Annahme gesetzlicher Formbildung, bei unserer völligen Unkenntnis ihrer speziellen Art, die Annahme einer allgemeinen Descendenz sicherlich nicht zwingend.

Nunmehr sind wir an dem Punkte angelangt, wo wir wieder auf den Erklärungsbegriff mit einigen Worten eingehen müssen, denn die beiden skizzierten Grundansichten werfen immer und immer wieder einander vor, daß sie »nichts« erklärten. Wir wollen diese Erörterung nicht abstrakt, vielmehr in enger Anlehnung an das Gesagte führen.

Bezüglich der Descendenztheorie sind zwei Fragen möglich; einmal: ist sie berechtigt? und zweitens: was leistet sie, wenn sie es ist? Hören wir über letztere Frage die trefflichen Ausführungen Liebmann's:

»Angenommen, die Descendenztheorie . . . wäre fertig, der große Stammbaum der organischen Naturwesen läge offen vor uns aufgerollt; und zwar nicht als Hypothese, sondern als historisch-konstatiertes Faktum, was hätten wir dann? Eine Ahnengallerie, wie man sie auf fürstlichen Schlössern auch findet; nur nicht als Fragment, sondern in abgeschlossener Totalität.« Mit diesen Worten wird der »erklärende Wert« der bezeichneten Theorie von unserm Philosophen charakterisiert. Und warum, weil »zum mindesten« Fortpflanzung und Vererbung unerklärt blieben, aber auch im übrigen die darwinistische Abstammungslehre nur «causae occasionales«, wie etwa Wärme, Feuchtigkeit etc., darbietet und von ihrem unbestimmt reaktionsfähigen Substrat gar nichts weiß.

Mit diesen Worten ist zweierlei gesagt; einmal, daß bloßer Nachweis von Aufeinanderfolge nicht gleichbedeutend mit Erklärung ist, ein auch von His besonders betonter Satz, und zweitens, daß der Darwinismus, wie auch Goette, trotz der von ihm in gewisser Hinsicht geschaffenen Klarheit, da er über Fortpflanzung, Vererbung und Variabilität nichts aussagt, eine »Erklärung« seiner Fundamente gar nicht in Angriff nimmt.

Da nun weiter von Wolff und anderen gezeigt ist, daß die darwinistische »Variabilität«, könnte sie auch näher bestimmt werden, zur Erklärung gewisser morphologischer Phänomene nichts leisten kann, so sind mit unseren bisherigen Erörterungen im ganzen zwei Dinge erledigt, die sich in folgenden Sätzen aussprechen lassen. Descendenz an und für sich kann nur eine Ahnengallerie liefern, und ferner: die Theorie der zufälligen Formbildung, der eigentliche Darwinismus, ist jedenfalls unzureichend.

Prüfen wir nunmehr den möglichen erklärenden Wert der gesetzlichen Formbildungsansicht. Da ihr kontradiktorisches Gegenteil unzureichend ist, so folgt ihre prinzipielle Richtigkeit. Nehmen wir nun beispielsweise an, der Formbildungsprozeß wäre als der Krystallisation im Wesen verwandt in irgend einer Weise erkannt worden, ein Stadium der Ontogenese lehrte uns zugleich mit mathematischer Sicherheit alle vorhergehenden und alle folgenden kennen,

Wäre das eine »Erklärung« der Formen? Ich glaube nicht und muß hier sowohl Spitzer wie Roux entgegentreten. Auch wenn wir »die aufgefundenen konstanten gestaltbildenden Wirkungsweisen des lebenden Substrates selbst wieder von noch allgemeineren Wirkungsweisen abzuleiten und diese selber schließlich gleich den mechanischen Massenwirkungen auf im Bereiche des Anorganischen erkannte Wirkungsarten, resp. auf die ihnen supponierten Kraftformen zurückzuführen« vermocht hätten, auch dann, wenn also etwa eine der Goette'schen ähnliche, aber umfassendere Leistung mit Sicherheit durchgeführt wäre, fehlte die Beantwortung der einen Frage: weshalb gerade **diese** Erscheinungen, meinetwegen Formbildungssysteme, warum nicht mehr, warum nicht weniger, warum nicht andere?

Die Krystallographie hat die analoge Frage gelöst, indem verschiedene Forscher und namentlich Sohncke eine Theorie plausibel zu machen wußten (regelmäßige Punktsysteme), welche gerade diese und nur diese Krystallformen erklärte.

Erst nach Lösung dieser Frage kommen wir an die »Probleme höherer Ordnung«, deren eines die Funktion der Qualität ist, während ein weiteres die Frage anregt: warum nun diese und keine andere Naturnotwendigkeit. Hier aber grenzt die Naturwissenschaft an die Metaphysik.

Wie weit die Theorien der gesetzlichen Formbildung von diesen gegebenen Grenzen des Erkennens noch entfernt sind, ja daß sie positiv noch gar nichts, auch nur im ersten Stadium erklärt haben, brauche ich wohl nicht besonders zu betonen.

Dem Unwert der Descendenztheorie, der Falschheit der Theorie der zufälligen Formbildung reiht sich als drittes das Nichtwissen von gesetzlicher Gestaltung an; ein nicht sehr erfreuliches Resultat.

Unsere bisherige Untersuchung hat uns gezeigt, daß das Problem der Morphologie weder durch die im Darwinismus ihren Ausdruck findende historische Auffas-

sungsart gelöst wird, weil besonders der erweitert gefaßte Vererbungsbegriff zeigt, daß sie eben kein historisches Problem ist [1]), daß aber auch andererseits die thatsächlich geäußerten Auffassungen einer Gesetzlichkeit der morphologischen Prozesse nicht mehr zu sein beanspruchen dürfen als Hypothesen allgemeinsten Charakters oder vielmehr als Direktiven; daß sie zumal den Theorien der theoretischen Physik deshalb bedeutend nachstehen, weil sie selbst im günstigsten Fall nie eine quantitative Erklärung zu leisten vermöchten.

Nachdem so die Thatsache unserer völligen Unkenntnis in Sachen der Morphologie kritisch aufgedeckt ist, wird es angebracht erscheinen, eine kurze Untersuchung über die Wege anzuknüpfen, welche die Vernichtung dieser betrübenden Thatsache wenigstens vorbereiten, wenn nicht beginnen könnten. Die Ergebnisse der Erkenntnistheorie und das Beispiel der theoretischen Physik werden uns bei dieser Skizze leiten; was wir im Kapitel II ausführten, wird uns hier nochmals von Nutzen sein.

Ich will der systematischen Darlegung der zu entwickelnden Idee einen kurzen Abriß bezüglicher Ansichten von Wilhelm Roux vorausschicken, zumal wir dieses Forschers klare Aeußerungen über »Entwickelungsmechanik« im speziellen Teil übergingen, da sie eben keine realen Förderungen unseres Wissens, sondern Direktiven sind.

Unmöglich kann ich hier, wo diese Betrachtungen anhangsweise gepflogen werden, die Gesamtheit der Gesichtspunkte wiedergeben, mit denen Roux in geistreicher Weise das erste Heft seiner »Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo« einleitet. Ich will versuchen, die Hauptpunkte hervorzuheben.

Nach Ampère's Vorgang [2]) bezeichnet man den einen Hauptteil der Mechanik als Kinematik oder

---

1) Man vergleiche hierzu u. a. Preyer, in dessen „Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme". Das Charakteristische des historischen Faktums dürfte seine Abhängigkeit von einem bestimmten Zeitpunkt und einem bestimmten Ort sein, im Gegensatz zu naturgesetzlichen Fakten.

2) Vgl. z. B. den „Grundriß der Mechanik" von Lühroth, an den ich mich hier eng anlehne.

Phoronomie, derselbe lehrt die näheren Umstände kennen, welche eine Bewegung charakterisieren, er ist eine rein mathematische Wissenschaft — sagen wir: er ist mathematische Formulierung. Die Kinetik dagegen untersucht einerseits die Ursachen der Bewegungen, die Kräfte und löst ferner die Aufgabe, bei gegebenen Kräften die Bewegungen zu bestimmen. Sie ist eine physikalische Wissenschaft und zwar — fügen wir hinzu — die fundamentalste, da das Endziel aller anderen physikalischen Disziplinen die Rückführung auf Kinetik ist. Wir sehen somit unser aus der Erkenntnistheorie geschöpftes Postulat des Ganges wissenschaftlicher Erkenntnis hier realisiert.

Nachdem nun Roux diese Begriffe erläutert, wendet er sie auf das Problem der morphologischen Entwickelung an. Kinematik der Entwickelung ist also: »die vollkommene Beschreibung aller ... Entwickelungsvorgänge als Substanzbewegungen der Teile des Eies . . . bis zur vollen Entwickelung des Individuums, gestützt auf die vollkommene Kenntnis der Anordnung und äußeren Beschaffenheit jedes kleinsten Teilchens des befruchteten Eies«, während unter Kinetik der Entwickelung die Ableitung der künftigen Entwickelungsbewegungen aller Teilchen aus den »gegenseitigen Lagerungsbeziehungen aller Teile des Eies im Moment des Entwickelungsbeginnes, nebst den Beschleunigungen, die jedem derselben dabei erteilt worden sind und den den Teilchen immanenten Kräften selbst« verstanden wird, mit welcher Ableitung zugleich »alle inneren Ursachen der Entwickelung eines einzigen Momentes der Entwickelung und weiterhin noch alle von außen hinzukommenden Komponenten während des ganzen Verlaufs derselben bekannt wären.«

Kinematik und Kinetik zusammmen ergeben die Mechanik der Entwicklung, als die »Wissenschaft von der Beschaffenheit und den Wirkungen derjenigen Kombinationen von Energie, welche Entwickelung hervorbringen.«

Es gereicht dieser Auseinandersetzung von Roux zum ganz besonderen Vorteil, daß sie zunächst nur eine Direktive, keine Theorie sein will. Sie erstreckt sich auf den täglich von uns zu beobachtenden morphologischen

Prozeß der »Ontogenie« die Methode muß anwendbar sein kraft der Natur unseres kausalen und zwar speziell mathematisch-kausalen Erkenntnisvermögens. Es ist für sie völlig einerlei, ob die Descendenztheorie richtig, oder teilweise berechtigt, oder ganz falsch ist; sie will die Morphologie der Organismen auf gleiche Stufe des Wertes zu stellen versuchen, wie die Fürstin aller Wissenschaften, die Physik, sie einnimmt.

Daß der Weg, den diese Methode zur Erreichung ihres Zieles gehen kann, vorwiegend der des Experimentes und ferner die analytische Verwertung des von Experiment und reiner Beobachtung Dargebotenen ist, aber kein Entwerfen unkontrollierbarer Hypothesen, hat Roux an anderer Stelle trefflich erörtert. Wir werden darauf nochmals rekurrieren, nachdem wir zunächst den Weg, den morphologische Forschung sich zu gehen bemühen müssen wird, wenn anders sie des stolzen Namens wert sein will, etwas näher dargelegt haben werden.

Machen wir in unseren Gedanken hinsichtlich aller speziellen Hypothesen, Theorien und Glaubenssachen, die über Morphologisches aufgestellt sind, völlig tabula rasa; denken wir uns, wir kennten lediglich beschreibend eine große Zahl erwachsener meinetwegen Tierformen [1]) und eine beschränkte Zahl Ontogenien. Bei dieser vorurteilslosen Betrachtungsweise wird es sich dann bald herausstellen, daß an der Kenntnis bloß erwachsener Formen etwas fehlt; nur die beschreibende Kenntnis des ganzen Bildungsprozesses wird als erschöpfend angesehen werden können. Greifen wir uns einen solchen Bildungsprozeß heraus. Unschwer erkennen wir zwei Etappen an ihm: die erste schafft in allmählichem Werden die Grundzüge der Gestaltung, die zweite verziert gleichsam mehr und mehr die Stadien dieses Prozesses, das Material wird ungleichartig an Aussehen und Funktion. Schon Bär hat bekanntlich etwas diesem Fundamentalunterschied Aehnliches ausgesprochen. Seine Begriffe etwas modifizierend, wollen wir, uns an Goette anlehnend, die erste Etappe als die den Typus darstel-

1) Wir beschränken uns überhaupt hier auf zoologische Morphologie. Manches dürfte ja zugleich auf Botanik passen.

lende bezeichnen, die zweite als die der Differenzierung des Materials, wobei Typus zunächst nur ein Wort für den gerade vorliegenden Prozeß sein soll.

Roux hat in seinem dritten Beitrag zur Entwickelungsmechanik die erste Etappe als die Periode der organbildenden, die zweite als die der funktionellen Entwickelung bezeichnet, Ausdrücke, die wir auch gelegentlich verwenden werden.

Der Morphologie, wie sie uns hier angehen soll, werden wir vornehmlich die erste Etappe zuzurechnen haben, auf die wir uns hier beschränken wollen; zwar ist sie ja nicht ganz von der anderen zu trennen, vielmehr greift das Wirken dieser immer mehr und mehr in jene hinein.

In jedem beliebigen Stadium nun sehen wir den werdenden Körper aus Zellen gebildet[1]), wir können daher zunächst einmal jedes Stadium des Formbildungsprozesses ansehen als charakterisiert durch die Lagebeziehungen der Konstituenten zu einander und ihre je nach Lage bestimmte Natur (histologischer und chemischer Art), den Prozeß als Ganzes aber durch die Folgeart dieser Stadien. Finden wir die Ontogenien zweier Nachkommen derselben Eltern verschieden in irgend einem Punkte, so wird sich auch diese Verschiedenheit in den Lagebeziehungen der Konstituenten zu einander oder in ihrer je nach Lage bestimmten Natur äußern müssen; wir haben also gleichzeitig einen Ausdruck für die Variabilität gewonnen.

Es kann also die Variabilität von zweierlei Art sein, wie das »oder« unseres Satzes aussagt. Ich will dieselben als die morphologische und die histologische Variabilität bezeichnen, Begriffe, deren praktische Verwertbarkeit uns zunächst weniger als ihre logische Berechtigung interessiert.

Unsere Etappe der Typenbildung[2]) zeigt nun zwei

---

1) Da gesagt ist, was wir unter Morphologie verstehen wollen, so können wir die Zelle als vorhanden annehmen; wir untersuchen jetzt nur das Wesen unserer Morphologie.

2) Wie gesagt, ist uns „Typus“ zunächst nichts mehr als ein Wort, das das Charakteristische der Formbildung etwa einer Schnecke gegenüber einer Muschel bezeichnen soll.

Stufen. Die erste reicht bis zur Vollendung der Furchung und ist durch Mangel des Wachstums [1]) des Gesamtkeims charakterisiert, die zweite beginnt mit dem ersten Wachstumsprozeß und leitet die Folge der Wachstumsprozesse ein, die sich wegen ihrer ungleichen Verteilung und Intensität als Faltungen darstellen, welche von gekrümmten Flächen ausgehen.

Fassen wir nun die erste Stufe des Formbildungsprozesses, die Zerlegung des Eies in Teile [2]) in's Auge.

Wie wir im speziellen Teil ausgeführt haben, ist man durch exakte Betrachtung der Zellwandrichtungen dahin gelangt, für das Zellenkomplexe beherrschende Prinzip die Kräfte der Oberflächenspannung zu supponieren. Jedes Stadium der Ontogenese der Tiere würde danach einen Gleichgewichtszustand dünner Lamellen repräsentieren. Es ergiebt sich nun für die exakte Morphologie als Versuch einer mathematischen Analyse die Aufgabe, für die den Furchungsprozeß darstellende Folge von Gleichgewichtszuständen einen möglichst einfachen d. h. eben geometrischen Ausdruck zu finden. Lotze hat uns gelehrt, nicht in mathematischer Formulierung als solcher etwas Verdienstliches zu sehen, vielmehr, sobald diese auf Konkretes angewandt wird, den aus dem Wesentlichen des Objekts gewonnenen Standpunkt, auf den die geometrische Betrachtung sich stellt, ganz besonders scharf zu prüfen. Dieses Wesentliche kann zunächst nur durch inexakte, beschreibende

---

1) Nach Roux soll die Furchung ohne Sauerstoffzufuhr ablaufen können. Daß sie nicht vom Wachstum begleitet ist, zeigen alle ontogenetischen Spezialarbeiten. Nebenbei bemerkt, verliert die Sachs'sche Auffassung der Zellteilung als Folge von Wachstum hierdurch ihre allgemeine Gültigkeit.

2) Rauber hat diesen Abschnitt der Entwicklung als numerisches Wachstum bezeichnet, wie er überhaupt die Stufen der Formbildung scharf auseinander hielt; ich halte den Namen für unpassend; wozu soll durchaus jeder dieser Abschnitte als „Wachstum" bezeichnet werden, zumal es das Charakteristische des hier Betrachteten eben ist, daß ihm Wachstum fehlt. — Rauber braucht bei jeder seiner Unterarten des „Wachstums" dieses Wort in anderem Sinn.

Erfahrung gewonnen werden. — Ich glaube nun, sobald der geometrische Betrachtungsversuch auf die Aufeinanderfolge der Teilungsrichtungen, wie sie etwa die Kernspindeln darbieten, sein Augenmerk richtet, wird er nicht so sehr gegen die Lotze'sche Mahnung verstoßen. Doch soll dies nur ein Vorschlag sein, für dessen nähere Begründung hier nicht der Ort ist.

Der Aufsuchung geometrischer Gesetzlichkeit wird nun einerseits die Vergleichung der an verschiedenen Objekten gewonnenen Resultate, eventuell ihre Ordnung in Reihen, nach ihrer Aehnlichkeit, wie His sie sich für die Wachstumsformeln dachte, zur Seite gehen müssen, ferner wird aber der Versuch in das Wesen der wirkenden Kräfte einzudringen sich bemühen, um der Kinematik die Kinetik hinzuzufügen; das Experiment, das unter den Händen von Roux, O. und R. Hertwig und anderen ja schon manches von Bedeutung zu Tage förderte, wird weit mehr zu pflegen sein als bisher. Endlich wird die mehr und mehr vertiefte Lehre von der Zelle wertvolle Beiträge liefern.

Bezüglich der zweiten Formbildungsphase, des gesetzlichen Wachstums, gilt natürlich im allgemeinen auch das eben Gesagte mit selbstverständlicher Modifikation. Wir sahen, daß hier His das Programm einer Kinematik entworfen hat.

Die typenbildende Etappe ist erörtert; wir zeigten, wie sie behandelt werden kann, ja muß. Skizzieren wir noch flüchtig, was sie uns wird lehren können. Ihre mathematische Behandlung, vereint mit experimenteller Forschung, wird mechanische Gesichtspunkte, mechanische Erklärung erzielen; denken wir uns diese erreicht, dann werden wir wissen — das Vererbungsproblem nehmen wir auch als gelöst an, seine Lösung als folgend aus der allgemeinen mechanischen Erkenntnis — ob die Formbildung durchaus dem Krystallisationsprozeß gleicht oder nicht, ob die »Funktion der Qualität« bei ihr eine Rolle spielt, ob es isolierte Typen im Sinne der älteren Forscher giebt, oder ob äußere Agentien den Vererbungsweg wesentlich zu modifizieren imstande sind; dann werden wir wissen, ob die Gesetzlichkeit der Formbildung als allgemeine Ab-

stammung auch des für »Typen« Gehaltenen ihren Ausdruck fand, kurz, ob die allgemeine Descendenztheorie berechtigt ist oder nicht. Gegenwärtig können wir über diesen Punkt gar nichts sagen, wenn auch, wie gesagt, die Theorie beschränkter Abstammung innerhalb einer ähnlichen Gruppe große Wahrscheinlichkeit zeigt. Aber auch in solchen Fällen, wie sie Bär und neuerdings Marshall in einer Rede zusammenstellte, muß jeder Fall einzeln geprüft werden. Für die vorurteilsfreie Auffassung sind »Typen« wohl noch ebenso gut da, wie sie es für den alten Bär waren. Von einer wirklichen Erkenntnis der Möglichkeit des Hervorgehens einer Reihe aus der anderen oder zweier aus einer dritten etc. ist gar keine Rede. Es ist ja möglich, daß das von unserer »Phylogenie« Behauptete, richtig ist, wir wissen es aber nicht; wir wissen nicht einmal, ob es richtig sein kann.

Um es nochmals zu sagen, so kann Descendenz bis jetzt nur innerhalb kleiner Gruppen, wo wirklich im Entwicklungslauf ein Stadium ans andere gefügt wird (Scholle) und in einigen anderen Fällen wahrscheinlich gemacht werden; nicht ganz unwahrscheinlich ist hier wohl auch die steigernde Wirkung der Selektion, jedoch nach erfolgter bestimmter, mehr einer deutlichen Auslösung, als einem unbestimmten Hervorrufen ihr Dasein verdankender Variabilität [1]).

Wären wir aber auch über all' diese Dinge im Reinen, so wären wir doch noch nicht fertig. Die letzten Etappen der Formbildung bauen das als mechanisch erkannt vorausgesetzte Gebäude aus, sie prägen den entstandenen Teilen seinen spezifischen Charakter auf, sie schaffen seine Physiologie, seine Zweckmäßigkeit. Wie schon erwähnt, hat wohl Roux einen Teil derselben plausibel gemacht, ein anderer, äußerlich hervortretend, mag immerhin der Darwin'schen Selektion sein Zustandekommen verdanken, ein großer dritter Teil, Erscheinungen wie sie von Pflüger und Nägeli zusammengezählt und von letzterem vergeblich d. h. nur durch Einführung anderer Unbekannten zu deuten versucht sind,

1) Vgl. z. B. Eimer.

bleiben uns zur Zeit ein Rätsel, zu dem uns jeder Schlüssel fehlt.

Sollte sich einst die allgemeine Descendenztheorie als berechtigt erwiesen haben, so wird es nicht ohne Interesse sein, den Stammbaum aller Formen zu erforschen; auch jetzt ist die Ergründung der kleinen paläontologischen Reihen, deren Descendenz wahrscheinlichist, gewiß berechtigt. Aber auf anorganischem Gebiet geht die historische Wissenschaft, die Geologie, in zweiter Linie neben der nicht historischen Physik (im weiteren Sinne) einher, sie wendet die Lehren an, welche ihr die Schwester, die an philosophischem Wert so unendlich viel höher steht, darreicht.

So wird auch einst das Verhältnis der dann vielleicht begründeten historischen Biologie zu ihrer exakten Schwester sein, beide gleichsam Abkömmlinge ihrer anorganischen Repräsentanten.

Bis dahin aber ist das Festhalten an den Prinzipien der strengen Wissenschaft für die Morphologie vor allem wichtig; mag es auch nicht so scheinen, sie wird doch rascher vorwärtskommen als durch Hypothesen problematischen, unexakten Charakters.

Notwendig ist vor allem, stets eingedenk zu bleiben daß die trockene Beobachtung, Beschreibung und Kritik, die denkende Analyse und das zeitraubende Experiment, obwohl sie in weniger glänzendem Gewande einhergehen als alles umfassende Hypothesen, doch nicht zu verachten, sondern hochzuhalten sind; daß ihre Vertreter das Ziel der philosophischen Naturwissenschaft vor Augen haben, welches nicht Historie ist, sondern die Erforschung der von bestimmter Zeit und bestimmtem Ort unabhängigen universellen Naturgesetzlichkeit, wie sie so herrlich geschildert ist in den Worten:

Aber im stillen Gemach entwirft bedeutende Zirkel
Sinnend der Weise, beschleicht forschend den schaffenden Geist,
Prüft der Stoffe Gewalt, der Magnete Hassen und Lieben,
Folgt durch die Lüfte dem Klang, folgt durch den Aether dem Strahl,
Sucht das vertraute Gesetz in des Zufalls grausenden Wundern,
Sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht.



Litteraturverzeichnis.

1. Berthold: Studien über Protoplasmamechanik, Leipzig 1886, Kapitel VII: Teilungsrichtungen und Teilungsfolge.

2. de Candolle: Considérations sur l'étude de la phyllotaxie, Genève, Bale, Lyon 1881.

3. Bütschli: Studien über die ersten Entwickelungserscheinungen der Eizelle etc. Abhandlungen der Senkenberg'schen Gesellschaft, X, Frankfurt a./M. 1876, p. 203 ff.

4. Errera: Zellformen und Seifenblasen, Tageblatt der 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Wiesbaden 1887.

5. Fick: Spezielle Bewegungslehre in Hermann's Handbuch der Physiologie, Leipzig 1879.

6. Goette: Entwickelungsgeschichte der Unke, Leipzig 1875,

7. Haeckel: Generelle Morphologie der Organismen I, Berlin 1866, Buch IV: Generelle Promorphologie.

8. His: Die erste Entwickelung des Hühnchens im Ei, Leipzig 1868.

9. His: Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung, Leipzig 1874.

10. Liebmann: Zur Analysis der Wirklichkeit, Straßburg 1880. Abschnitt II, p. 273: Ueber den philosophischen Wert der mathematischen Naturwissenschaft. p. 313: Platonismus und Darwinismus. p. 358: Das Problem des Lebens.

11. Lotze: Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens, Leipzig 1851, Buch II, Kapitel 3: Von der Mechanik der Gestaltbildung.

12. Rauber: Formbildung und Formstörung in der Entwickelung von Wirbeltieren, Morph. Jahrb. VI.

13. Rauber: Tier und Pflanze, Leipzig 1881.

14. Rauber: Neue Grundlegungen zur Kenntnis der Zelle, Morph. Jahrb. VIII.

15. Roux: Die Verzweigungen der Blutgefäße, Jen. Zeitschr. XII.

16. Roux: Die Bedeutung der Ablenkung des Arterienstammes bei der Astabgabe, Jen. Zeitschr. XIII.

17. Roux: Der Kampf der Teile im Organismus, Leipzig 1881.

18. Roux: Reiträge zur Morphologie und Physiologie der funktionellen Anpassung. I. Struktur eines hoch differenzierten bindegewebigen Organs, Archiv f. Anat. u. Phys., anat. Abt. 1883.

19. Roux: Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo, I, Zeitschr. für Biologie XXI.

20. Roux: Dsgl. III, Breslauer ärztliche Zeitschrift, 1885.

21. Roux: Die Entwickelungsmechanik der Organismen, eine anatomische Wissenschaft der Zukunft, Wien 1890.

22. Sachs: Die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzenteilen, Arb. a. d. bot. Inst. Würzburg, Bd. II.

23. Sachs: Zellenanordnung und Wachstum. ebenda.

24. Schwendener: Das mechanische Prinzip im Bau der Monocotyledonen, Leipzig 1874.

25. Schwendener: Mechanische Theorie der Blattstellungen, Leipzig 1878.

26. Schwendener: Ueber die durch Wachstum bedingte Verschiebung kleinster Teilchen in trajektorischen Kurven, Sitz.-Ber. der Berl. Akad. d. Wiss. 1880.

27. Spitzer: Beiträge zur Descendenztheorie, Leipzig 1886, Kapitel I, 5: Die embryologische Beweisgruppe.

28. Zimmermann: Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Breslau 1887. Abschnitt II, Kapitel VI: Mechanik der Zelle und Abschnitt, I, Kapitel XIX: Zellwachstum.





Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 858



